

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 федеральное государственное автономное
 образовательное учреждение высшего образования
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа __ ИШНПТ

Направление подготовки _15.04.01/Машиностроение

Отделение школы (НОЦ) _Материаловедение

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
Исследование работоспособности ручной машины электробур при натурных испытаниях

УДК 622.24.054-048.24

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4AM82	Ермаков Данил Романович		10.06.20

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Коротков В. С.	к.т.н.		10.06.20

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу на иностранном языке

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ст. преподаватель	Кобзева Н.А..	к.п.н.		04.03.20

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Якимова Т. Б.	к.э.н.		16.03.20

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Сечин А. И.	д.т.н.		16.03.20

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
15.04.01 «Машиностроение»	Арляпов А. Ю.	к.т.н.		

Томск – 2020 г.

Планируемые результаты обучения по ООП 15.04.01 «Автоматизация технологических процессов и производств в машиностроении»

Код	Результат обучения
Универсальные компетенции	
P1	Способность применять глубокие естественнонаучные, математические и инженерные знания при создании новых конкурентоспособных технологий изготовления деталей и сборки машин.
P2	Способность выполнять и обосновывать инженерные проекты для создания сложных конкурентоспособных изделий машиностроения и технологий их производства, в том числе с использованием современных CAD/CAM/CAE продуктов.
P3	Способность ставить и решать инновационные инженерные задачи с использованием системного анализа и моделирования объектов и процессов машиностроения.
P4	Способность разрабатывать методики и организовывать проведение теоретических и экспериментальных исследований в области технологии машиностроения с использованием новейших достижений науки и техники.
P5	Готовность обеспечивать прогрессивную эксплуатацию оборудования и других средств технологического оснащения автоматизированного производства изделий машиностроения, осваивать и совершенствовать технологические процессы изготовления новых конкурентоспособных изделий, обеспечивать их технологичность.
P6	Способность проводить маркетинговые исследования, используя знания проектного менеджмента, участвовать в создании или совершенствовании системы менеджмента в качестве предприятия.
Профессиональные компетенции	
P7	Готовность следовать кодексу профессиональной этики и социальным нормам ведения инженерной деятельности.
P8	Готовность к непрерывному самосовершенствованию в инженерной педагогической и исследовательской деятельности и способность критически переосмысливать накопленный опыт.
P9	Способность организовывать и эффективно управлять работой коллектива, состоящего из специалистов различных направлений и квалификаций, а также готовность нести ответственность за результаты выполненной работы

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 федеральное государственное автономное
 образовательное учреждение высшего образования
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа __ ИШНПТ

Направление подготовки __ 15.04.01/Машиностроение

Отделение школы (НОЦ) __ Материаловедение

УТВЕРЖДАЮ:

Руководитель ООП

_____ Арляпов А. Ю.
 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Магистерской диссертации

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
4AM82	Ермаков Данил Романович

Тема работы:

Исследование работоспособности ручной машины электробур при натурных испытаниях	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	28.02.2020, №59-118/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	10.06.2020
--	------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i>	– ручная машина электробур на базе коллекторного двигателя мощностью 1,5 кВт с волновой передачей с промежуточными телами качения; – режим работы: периодический.
--	--

<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</p> <p>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</p>	<p>1. Обзор литературы по теме исследования;</p> <p>2. Анализ конструкций ручных буровых машин и малогабаритных буровых установок;</p> <p>3. Анализ конструкций ручной машины электробур с волновой передачей на базе коллекторного двигателя;</p> <p>4. Расчёт параметров ручной машины электробур;</p> <p>5. Определение расхода мощности двигателя ручной машины электробур;</p>
<p>Перечень графического материала</p> <p>(с точным указанием обязательных чертежей)</p>	<p>Демонстрационный материал (презентация в MS PowerPoint)</p>
<p>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</p>	
<p>Раздел</p>	<p>Консультант</p>
<p>Исследовательский</p>	<p>Коротков В.С.</p>
<p>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</p>	<p>Якимова Т. Б.</p>
<p>Социальная ответственность</p>	<p>Сечин А. И.</p>
<p>Исследовательский (на англ. яз.)</p>	<p>Кобзева Н. А.</p>
<p>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</p>	
<p>1.6 Натурные испытания ручной машины электробур; 1.6 Full-Scale tests of a manual machine electric drill</p>	

<p>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</p>	<p>01.10.2018г.</p>
--	---------------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Коротков В. С.	к.т.н.		01.10.2018

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4AM82	Ермаков Данил Романович		01.10.2018

Список принятых сокращений

РМ – ручная машина;

ВП – волновая передача;

ППТК – передача с промежуточными телами качения;

ВППТК – волновая передача с промежуточными телами качения;

КПД – коэффициент полезного действия;

ДВС – Двигатель внутреннего сгорания;

НР – научный руководитель;

И – инженер;

ПДУ – предельно допустимый уровень;

ЧС – чрезвычайная ситуация.

Реферат

Выпускная квалификационная работа содержит 79 страниц, включает в себя 22 таблицы, 43 рисунка, 27 формул, 21 источник.

Ключевые слова: электробур, редуктор с промежуточными телами качения, коллекторный двигатель, шнековый рабочий орган, тип грунта, натурные испытания, ручные буровые машины,

В исследовательской работе объектом исследования являются эксплуатационные характеристики ручной машины электробур в реальных условиях эксплуатации.

Целью работы является определение технической характеристики ручной машины электробур в реальных условиях эксплуатации.

Новизна результатов исследования заключается в получении экспериментальных данных по расходу мощности двигателя ручной машины электробур в зависимости от режимов бурения грунта.

В рамках исследования проведены натурные испытания ручной машины электробур в грунте II...III категории. В результате получены данные по расходу мощности двигателя ручной машины электробур в процессе работы. Проведено исследование напряженного состояния элементов шнекового рабочего органа с использованием метода конечных элементов в САЕ-системах ANSYS и SolidWorks.

В разделе «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережения» приведён анализ перспективности и успешности научно-исследовательского проекта.

В разделе «Социальная ответственность» был произведен анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды, вредных веществ, производственного шума, освещенность помещения, пожарной безопасности, защита в ЧС.

Оглавление

Введение.....	9
1 ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ ЧАСТЬ	11
1.1 Обзор литературы по теме исследования.....	11
1.2 Объект и методы исследования.....	12
1.3. Анализ конструкций ручных буровых машин и малогабаритных буровых установок.....	12
1.3.1 Анализ двигателей, применяемых в ручных буровых машинах	16
1.3.2 Анализ редукторов, применяемых в ручных буровых машинах	20
1.3.3 Виды рабочих органов, применяемых в ручных буровых машинах	23
1.3.4 Процесс и технологии бурения скважин ручными буровыми машинами.....	25
1.3.5 Виды грунтов по классификации ГОССТРОЯ	26
1.4 Анализ конструкций ручной машины электробур с волновой передачей на базе коллекторного двигателя	27
1.5 Расчёт напряжений в опасных сечениях шнекового рабочего органа в системе CAE ANSYS	30
1.6 Натурные испытания ручной машины электробур	33
1.6.1 Методика проведения эксперимента	33
Выводы по разделу.....	40
2 КОНСТРУКТОРСКАЯ ЧАСТЬ	42
2.1 Параметры шнекового рабочего органа для бурения грунта	42
2.2 Расчёт параметров ручной машины электробур.....	43
2.2.1 Определение критической частоты вращения.....	43
2.2.2 Определение крутящего момента необходимого для подъема грунта на поверхность	44

2.2.3 Определение крутящего момента необходимого для разрушения грунта в забое.	45
Выводы по разделу	46
3. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ.....	48
3.1 Пред проектный анализ, потенциальные потребители результатов исследования	48
3.2 SWOT-анализ проекта	49
3.3 Организация и планирование работ	51
3.4 Оценка экономической эффективности исследования	60
4. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ.....	63
4.1 Анализ условий труда на рабочем месте	63
4.2 Анализ показателей шума и вибрации.....	64
4.3 Анализ показателей микроклимата	65
4.4 Анализ освещенности рабочей зоны.....	67
4.5 Анализ факторов термической опасности.....	69
4.6 Анализ электробезопасности	70
4.7 Анализ экологической безопасности	71
4.8 Анализ безопасности при чрезвычайных ситуациях	72
Выводы по разделу	74
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	75
Список использованных источников	76
Нормативные ссылки	78
Приложение А	79

Введение

Объектом исследования являются эксплуатационные характеристики ручной машины электробур в реальных условиях эксплуатации.

Предмет исследования: расход мощности двигателя в зависимости от типа разрабатываемого грунта, а также производительность ручной машины в зависимости от частоты вращения и параметров шнека.

Цель работы: определить технические характеристики ручной машины электробур в реальных условиях эксплуатации.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Определить технические характеристики ручной машины электробур расчетным методом.
2. Разработать методику проведения натурного эксперимента.
3. Определить расход мощности двигателя ручной машины электробур при бурении грунтов I-IV категории.

Актуальность работы. Для производства малых объёмов буровых работ экономически целесообразнее использовать ручные машины. В настоящее время промышленность выпускает мото и электробуры различных типов и размеров, предназначенных для бурения грунта и льда. Экспериментальный образец ручной машины электробур на базе коллекторного двигателя с волновой передачей с промежуточными телами качения имеет небольшую массу и размеры в сравнении с существующими аналогами. Проведение натурных испытаний необходимо для подтверждения работоспособности и заявленных расчётных технических характеристик данной ручной машины.

Научная новизна работы заключается в получении экспериментальных данных по расходу мощности двигателя ручной машины электробур в зависимости от режимов бурения грунта.

Практическая ценность работы состоит в том, что в результате проведения натурных испытаний установлены режимы бурения небольших шпуров в грунтах I-IV категории и подтверждены заявленные технические характеристики ручной машины электробур.

Степень внедрения. Электробур прошел стендовые и натурные испытания.

Область применения. Электробур может использоваться при строительстве свайных фундаментов, установке штырей заземления, монтаже линий связи, установке ограждений, при проведении геологических изысканий, ландшафтных работах, а также в труднодоступных местах, например, в небольших помещениях и подвалах.

1 ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ ЧАСТЬ

1.1 Обзор литературы по теме исследования

Один из первых патентов на установку для бурения грунта с ручным приводом и управлением был выдан 13 мая 1890 года Джону Р. Ламбу [1] из США за его «Post Hole Boring Machines» (Машина для сверления отверстий под столбы). Это был прообраз ручного бура, на котором вращение бурового инструмента осуществлялось за счет физической силы оператора.

С появлением на рынке легких и компактных двухтактных двигателей родилась идея создать механизм для бурения с приводом от бензинового мотора, вес такого мотобура достигал 55 кг. В конце пятидесятих годов прошлого столетия, когда легкие сплавы на основе алюминия получили распространение, вес ручного мотобура уменьшился почти в два раза.

Значительное количество исследований, посвященных конструированию и разработке теории зацепления волновых передач с ПТК представлены в работах Беляева А.Е. [2-4], Дмитриева В.С. [5] и др.

Панкратов Э.Н. [6], Янгулов В.С. [7] и др. занимались исследованиями конструкций волновых передач с ПТК, в их работах представлены аналитические зависимости для расчёта геометрических параметров передач, а также напряжений в основных элементах конструкции.

Особенностями теории и методами расчета всех типов электрических машин малой мощности занимались Ермолин Н.П. [8], К. Метцлер [9] и др.

Разработкой теории и принципов работы электрических машин посвящены работы Юферова Ф. М. [10], Андрианова В.Н. [11] и др.

Вопросами исследования грунтов и их физико-механических свойств посвящены работы Б.М. Ребрика [12,13], А.С. Волкова [14], В.Г. Кардыша [15] и др. В них подробно описывается определение физических свойств грунтов, приведена классификация грунтов по буримости. Рассмотрены способы

бурения инженерно-геологических скважин, конструкции бурового оборудования и инструмента.

Процессу вертикального винтового транспортирования грунта по винтовой поверхности шнека посвящены исследования, как отечественных, так и зарубежных авторов. К ним можно отнести работы Л.М. Александра. [16], Д.Н. Башкатова, А.М. [17]. Григорьева. [18], S. Bottcher. [19], W. Suhadi. [20], и др.

1.2 Объект и методы исследования

Объектом исследования являются эксплуатационные характеристики ручной машины электробур в реальных условиях эксплуатации. К теоретическим методам, использованным в данной работе, относятся: анализ и формализация. В ходе исследования был выполнен анализ конструкции РМ электробур.

Так же применены частные методы исследования такие как наблюдение, эксперимент, измерение. Измерения эксплуатационных параметров проводились с использованием метода непосредственной оценки, при котором значение величин определены непосредственно по показаниям средств измерений. Был применен метод моделирования, в ходе которого произведён расчёт напряжений в опасных сечениях шнекового рабочего органа в системе CAE ANSYS.

1.3. Анализ конструкций ручных буровых машин и малогабаритных буровых установок

Ручные буровые машины предназначены для бурения шпуров при установке штырей заземления, отверстий для столбов линий связи и различных ограждений, при проведении геологических изысканий, ландшафтных работах.

Основным элементом, посредством которого осуществляется выполнение работы, является шнек. Кроме того, в мотобурах предусмотрены рукоятки для управления и удержания устройства во время работы.

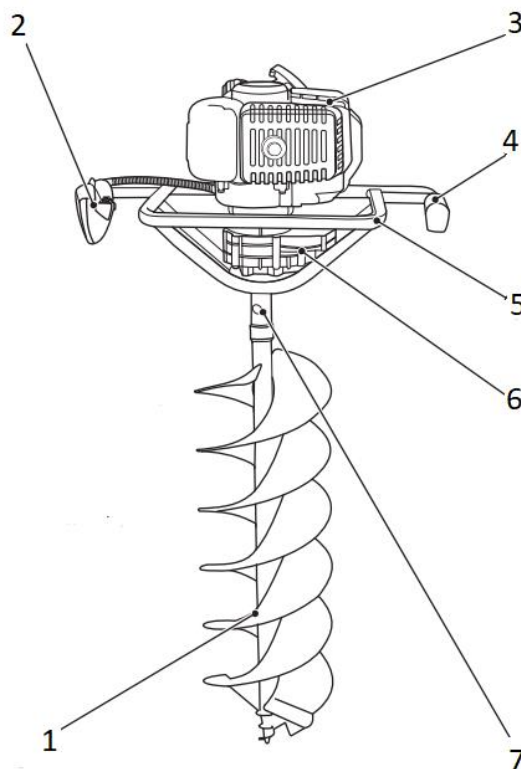


Рисунок 1 – Общий вид ручной буровой машины

1 - Шнек 2. Рукоятка управления двигателем 3. Двигатель 4. Рукоятка 5. Рама 6. Редуктор
7. Палец (с фиксатором)

К достоинствам электробура (Рис. 1) можно отнести следующие качества: минимальное время для подготовки аппарата к началу процесса; легкость в обслуживании; экологичность.



Рисунок 2 – Электробур Strikemaster Lithium-40v

Ручной мотобур с электрическим приводом (рис.2) весом до 11кг с мощностью двигателя до 3,5л/с и крутящим моментом до 150Нм. Категории обрабатываемого грунта 1, 2. Максимальная глубина бурения 2 метра.



Рисунок 3 – Мотобур Elitech БМ 52Е

Ручной мотобур с приводом от бензинового двигателя мощностью двигателя 2,5л/с и крутящим моментом до 150Нм, диаметр бурения 200 мм, максимальные обороты 8500 об/мин, массой 9 кг. Категории обрабатываемого грунта 1, 2. Максимальная глубина бурения 2 метра.

В следствие использования механического привода на основе традиционного понижающего редуктора, использующего механические передачи зубчатые (цилиндрические) или червячные. Такие мотобуры относительно просты и недороги.

Более мощные двигатели (электрические или бензиновые) устанавливаются на специальные рамы (рис.4.). Масса и габариты таких установок значительно увеличиваются в сравнении с ручными буровыми машинами.



Рисунок 4 – Ручная буровая установка КББ2-10

Конструктивно такая буровая установка сделана в виде двух блоков, двигатель и рукоятки привода, которые соединены между собой реактивной штангой, которая полностью гасит обратный удар. Мощность двигателя от 5 до 8 л/с, крутящий момент до 350 Нм и весом до 80 кг. Категории обрабатываемого грунта 1, 2, частично 3.

Малогабаритная электробуровая установка, позволяет бурить скважины диаметром от 59 до 300 мм (Рис. 2). Электробуровая установка с ручным управлением состоит из станины, каретки, выполненной с возможностью перемещения при помощи ручной лебедки, на каретке установлены блок управления, электродвигатель, редуктор и буровой инструмент.



Рисунок 5 – Электрическая буровая установка Electro-M2

Каретка выполнена с возможностью перемещения по направляющим из швеллера на подшипниках, закрепленных консольно, направляющие

выполнены с колесами, буровой инструмент крепится при помощи переходной муфты, установленной на оси редуктора.

1.3.1 Анализ двигателей, применяемых в ручных буровых машинах

По типу привода ручные машины можно разделить на три группы:

1. Электрические
2. Гидравлические
3. Внутреннего сгорания

В зависимости от используемого электрического тока электробур можно разделить на двигатели постоянного тока, переменного тока и универсальные (коллекторные) двигатели.

Двигатели постоянного тока, подразделяются на коллекторные (Рис. 3) в котором датчиком положения ротора и переключателем тока в обмотках является одно и то же устройство — щёточно-коллекторный узел.



Рисунок 6 – Коллекторный двигатель постоянного тока DC100

Напряжение для двигателей серии DC100 находится в пределах от 12В до 180В, 150Вт-250Вт. При напряжении 24 В, DC100 может достигать максимальной скорости 4000 об/мин; а при напряжении 12 В, минимальной скорости 700 об/мин.

Бесколлекторные двигатели (Рис. 4) в которых замкнутая электромеханическая система, состоящая из синхронного устройства с синусоидальным распределением магнитного поля в зазоре, датчика положения ротора, преобразователя координат и усилителя мощности.

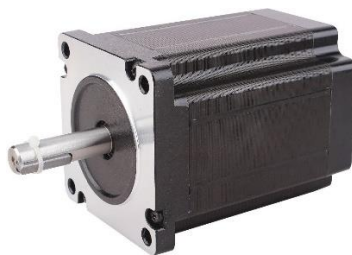


Рисунок 7 – Бесколлекторный двигатель FL86BLS71

Бесколлекторные двигатели FL86BLS71 номинальная скорость 3000 об/мин, напряжение питания 48 В, максимальный крутящий момент 21 кг·см, мощность 220 Вт.

Универсальный коллекторный двигатель может работать при питании от сети как постоянного, так и однофазного переменного тока.



Рисунок 8 – Универсальный коллекторный двигатель ДК110-1000 15У2И1

Двигатель работает от напряжения 220В, имеет полезную мощность 1000 Вт, потребляемую мощность не более 1430Вт, номинальная частота вращения 15000 об/мин и массу 3,2кг.

Двигатели переменного тока подразделяют по принципу работы на синхронные и асинхронные двигатели. Синхронные двигатели (Рис. 5) ротор которого крутится синхронно с магнитным полем питающего напряжения. Асинхронные двигатели (Рис. 6) в котором частота вращения ротора различается от частоты крутящего магнитного поля, творимого питающим напряжением.



Рисунок 9 – Синхронные двигатели

Синхронные двигатели с возбуждением от постоянных магнитов имеют диапазон крутящего момента от 10 до 10000 Н·м и диапазон числа оборотов от 5 до 375 об/мин

Так-как асинхронные двигатели обладают большей массой и габаритами используются они в основном в больших малогабаритных электробуровых установках и горных свёрлах.



Рисунок 10 – Асинхронный электродвигатели АИР 80 В4

Асинхронный электродвигатель АИР 80 В4 имеет мощность 1,5 кВт, $n = 1500$ об/мин и массу 14,7 кг.

Гидравлический двигатель (гидродвигатель) — предназначен для преобразования энергии жидкости в механическую. К ним относят гидромоторы, гидроцилиндры, гидротурбины и поворотные гидродвигатели.

Главными компонентами гидравлической системы являются насос и гидромотор. Редуктора в таких устройствах нет и поэтому бензиновый двигатель вращает непосредственно вал гидронасоса. Компоненты такой гидросистемы при работе подвергаются сравнительно невысоким нагрузкам. Ещё одно достоинство заключается в том, что силовой блок (двигатель с насосом) можно выполнить отдельно от рабочего (гидромотора и бура), и соединить оба блока гидравлическими шлангами.



Рисунок 11 – Мотобур гидравлический Iron Mole Compact 7

Ручной мотобур с гидравлическим приводом мощностью от 7 до 15 л/с, крутящим моментом до 1200 Нм и весом до 245 кг. Буровая установка состоит из двух блоков, которые соединены между собой реактивной штангой.

Двигатели внутреннего сгорания преобразуют тепловую энергию от сгорания топлива в механическую работу. Чаще всего в РМ применяются двигатели четырёхтактные или двухтактные.

Четырёхтактные двигатели (рис 12) – более надёжные, экономичные, тихие и выбрасывают меньше дыма (из-за того, что бензин и масло не смешиваются в одном резервуаре).



Рисунок 12 – Двигатель четырёхтактный бензиновый Lifan 1P60FV-B

Двигатель бензиновый Lifan 1P60FV-B разработан специально для использования совместно с мотоблоками. Тип двигателя: бензиновый, четырёхтактный, рабочий объём 118 см³, диаметр цилиндра 60 мм и ход

поршня 42 мм, расположение вала вертикальное, мощность 2,8 кВт при 3600 об/мин, масса 11 кг.

Двухтактные ДВС (рис13) обладают более высокой мощностью по сравнению с четырехтактными. Не менее важное преимущество это компактность. Благодаря этому качеству двухтактные двигатели нашли широкое применение в садовой технике, а также ручных инструментах. Кроме того, они проще и дешевле в производстве.

Есть у двухтактных ДВС и существенные недостатки. Они расходуют больше топлива, ресурс двухтактного двигателя значительно меньше, главным образом, за счет высоких оборотов коленвала. Экологические параметры также оставляют желать лучшего.



Рисунок 13 – Двигатель двухтактный бензиновый champion G033htf-2

Двигатель бензиновый Champion G033htf-2. Тип двигателя: бензиновый, двухтактный, рабочий объём 32,6 см³, расположение вала вертикальное, мощность 0,9 кВт при 6500 об/мин, масса 3,9 кг.

1.3.2 Анализ редукторов, применяемых в ручных буровых машинах

Одной из важнейших деталей ручных буровых машин является редуктор который позволяет преобразовать крутящий момент, который выдает двигатель, и придать валу меньшую скорость на выходе, то есть привод переключается на более высокую передачу, но при этом, частота оборотов бура не растет, а увеличивается усилие его подачи и крутящий момент. На мотобурах никогда не используются повышающие редукторы т. к. очень важно и полезно уменьшить скорость вращения двигателя, чтобы предотвратить опасность от обратного удара.

Основные виды редукторов, применяемых в ручных буровых машинах:

1. Червячные редукторы
2. Цилиндрические соосные редукторы
3. Планетарный

Это особый вид редукторов, преобразующий момент двигателя и угловую скорость с использованием червячной передачи. Устройство с червячным профилем резьбы имеет в своей основе винт внешне схожий с червяком, за счёт чего механизм и получил своё наименование.

Для использования на мотобурах наибольшее распространение получили одноступенчатые редукторы червячного типа, в которых червяк может находиться горизонтально сбоку от колеса.



Рисунок 14 – Червячный редуктор устанавливаемый на мотобур DDE GD-52-200

Преимуществом червячных редукторов является бесшумность и высокая плавность хода, а также возможность автоматизированного отключения устройства при экстремальном сопротивлении породы, что обеспечивает безопасность при бурении плотных грунтов. Самый главный недостаток сравнительная ненадежность зубчатого колеса главной передачи, которое всегда из-за сложного профиля производится из мягкой бронзы.

Он состоит из пары соединенных между собой шестерней. На них передается усилие привода, и в результате вращения идет преобразование скоростей. Подобные механизмы изготовлены по сосной схеме взаимного расположения выходного вала и вала, на котором через сцепление установлен двигатель. Они пригодны при эксплуатации в любом климате, имеют сравнительно легкий вес и просты для монтажа.



Рисунок 15 – Цилиндрический редуктор

Соосные цилиндрические редукторы обладают значительной долговечностью, компактностью и высоким уровнем КПД достигаемый благодаря сохранению начального усилия вследствие преобразования скоростей.

Планетарный редуктор для буровых установок является основой практически каждой малогабаритной модели бензобура. Современные планетарные редукторы комплектуются частотными преобразователями, которые позволяют выполнить максимально точное регулирование работы двигателя.



Рисунок 16 – Планетарный редуктор

Планетарный редуктор состоит из основной шестерни, и планетарных сателлитов (небольших зубчатых колёс), которые установлены на водиле – оси, соединяющей все элементы редуктора. Преимущества такого редуктора — это высокая эффективность преобразования крутящего момента привода и компактные габариты.

1.3.3 Виды рабочих органов, применяемых в ручных буровых машинах

В качестве бурового инструмента в ручных буровых машинах используются шнековые буры представляет собой трубу с наваренными по кругу витками, образующими спираль.

По количеству спиралей различают:

Однозаходный шнек – с одной спиральной лентой режущие части расположены с одной стороны от оси инструмента.

Двузаходный – с двумя спиральными лентами, которые переходят в две режущие кромки, расположенные с противоположных друг от друга сторон.



Рисунок 17 – Однозаходный и двузаходный шнек

Шнек испытывает основное сопротивление грунта, а потому при его изготовлении используют материал, способный выдержать высокие нагрузки, например, кованную сталь. Шнековый метод бурения при использовании мотобура, предназначен для разработки мягких грунтов 1, 2, 3 категории.

Транспортировка материала осуществляется одновременно с проходкой скважины – это и есть суть шнекового бурения. Непосредственно подъем грунта по шнековому транспортеру возможен лишь при условии, когда угол линии спирали меньше значений угла трения грунта о поверхность реборды.

Длина шнека определяет глубину ямы, которую возможно пробурить ручными буровыми машинами. Наиболее распространены цельные шнеки длиной на 800, 940 и 1000 мм. Также существуют составные шнеки длиной свыше 1,5 м, состоящие из нескольких цельных.

При проведении инженерно-геологических исследований для изучения физико-механических свойств грунтов и состояния пород ручными буровыми машинами, а также малыми буровыми установками могут быть использованы колонковые буры.

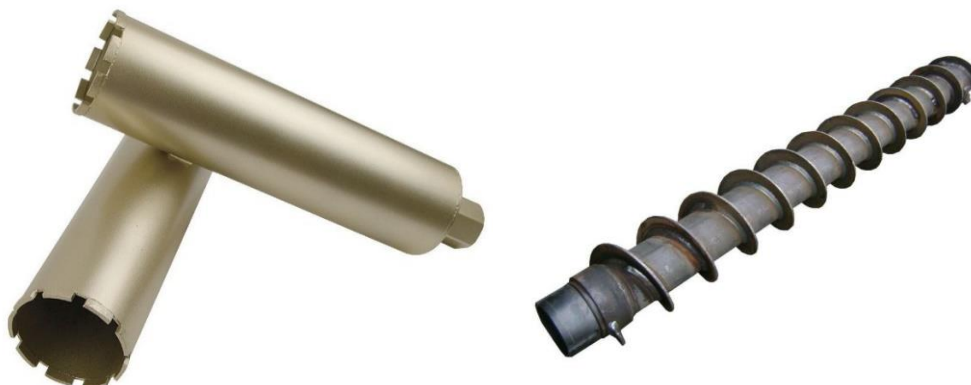


Рисунок 18 – Колонковый бур

В ходе колонкового бурения извлекается керн – столбик грунта или смежных грунтовых слоев. Керн характеризуется цельной естественной структурой, что обеспечивает проведение всестороннего анализа изучаемой породы.



Рисунок 19 – Образец керна

Использование колонкового бура в строительстве существенно облегчает и ускоряет процессы. Колонковое бурение позволяет создавать цилиндрические отверстия в кирпичных и бетонных конструкциях.

1.3.4 Процесс и технологии бурения скважин ручными буровыми машинами

При инженерных изысканиях шнековое бурение применяется в ограниченных объемах. В ряде изыскательских организаций оно вообще запрещено к использованию. Это обусловлено тем, что шнековое бурение не обеспечивает должного качества описания геологического разреза. Обычно его применяют для проходки не глубоких зондировочных скважин и гидрогеологических скважин. Диаметр скважин колеблется от 33 до 108 мм.

При использовании мотобуров и легких передвижных станков скважины, как правило, бурят сплошным забоем. Поточное бурение обычно ведут спиральными долотами с частотой вращения инструмента 250об/мин и выше. Величина подачи должна обеспечивать равномерность и непрерывность углубления инструмента. Быстро погружать шнековую колонну не рекомендуется, так как это может вызвать переполнение шнеков грунтом, прекращение выноса последнего на поверхность и заклинивание шнеков в скважине. Поточное бурение следует применять в неоплывающих и неосыпающихся грунтах, обеспечивающих устойчивость стенок скважины и равномерный вынос разбуренной породы на поверхность. Как отмечалось, качественная геологическая документация при поточном бурении затруднена.

Рейсовое бурение применяют при необходимости более детального изучения геологического разреза, в основном в пластичных и тугопластичных грунтах. Величина разового бурения переносными мотобурами при рейсовом бурении составляет 0,2-0,6 м, частота вращения шнековой колонны 100-300об/мин, осевая нагрузка 0,3-0,8кН.

Колонковое бурение скважин обеспечивает целостность извлекаемого керна, что способствует качественному изучению породы. Одновременно с тем производится наиболее качественная чистка забоя от разрушенной породы.

Колонковое бурение в «сухую» достаточно широко распространено на изысканиях с использованием ручных буровых машин. Обычно оно ведется

укороченными рейсами 0,8-1,5 м. При этом частота вращения инструмента 80-150 об/мин, осевая нагрузка на забой 3-6 к Н. Бурение в «сухую» целесообразно использовать только при проходке во льдах и обводненных грунтов I-III категории по буримости.

При ручном вращательном бурении колонковую трубу заменяет его исторический предшественник – стакан. Этот снаряд представляет собой укороченный вариант колонковой трубы с заостренной кромкой на подошве. Стакан вручную или с использованием мотобура закручивают в землю и извлекают на поверхность все, что в него набилось.

1.3.5 Виды грунтов по классификации ГОССТРОЯ

Взаимодействие рабочих органов машин с грунтом сопровождается его деформацией, разрушением и перемещением. Поэтому при анализе взаимодействия рабочих органов с грунтом и определении сопротивлений, возникающих при этом, необходимо знать физико-механические свойства грунтов, основные конструктивные особенности рабочих органов, способы их воздействия на грунт.

Грунтами называют поверхностные слои земли, образованные в результате выветривания горных пород. По происхождению, состоянию и механической прочности грунты делятся на скальные, полускальные, крупнообломочные, песчаные и глинистые.

К основным физико-механическим свойствам грунтов как рабочей среды для машин можно отнести: гранулометрический состав, плотность, пористость, влажность, разрыхляемость, сжимаемость, прочность, сопротивление внешнему трению, абразивность [12].

Грунты, разрабатываемые машинами, разделяют на категории в зависимости от трудности их разработки (таб.1.1). Категории грунтов различают в первую очередь по их наименованию и плотности. Распространенной классификацией является классификация грунтов по

трудности их разработки, предложенная А.Н. Зелениным, основанная на использовании плотнометра ДорНИИ.

Таблица 1.1 – Общая классификация схема грунтов (по С.П.Абрамову)

Наименование грунта	Категория грунта	Плотность грунта, кг/м ³	Коэффициент разрыхления	Удельное сопротивление резанию, кПа
Песок, супесь, мягкий суглинок, средней крепости влажный и разрыхленный без включений	I	1200–1500	1,08–1,17	12–65
Суглинок без включений, мелкий и средний гравий, мягкая глина	II	1400–1900	1,14–1,28	58–130
Крепкий суглинок, глина средней крепости,	III	1600–2000	1,24–1,3	120–200
Крепкий суглинок со щебнем, крепкая очень крепкая влажная глина	IV	1900–2200	1,26–1,37	180–300

1.4 Анализ конструкций ручной машины электробур с волновой передачей на базе коллекторного двигателя

В ТПУ была разработана конструкция ручной машины электробур, на базе коллекторного двигателя с полезной мощностью 1кВт и частотой вращения до 15000 об/мин. Для исследования его заявленных характеристик необходимо провести натурные испытания.

На рисунке 20 представлена конструкция опытного образца привода РМ электробур [17,18]. Привод состоит из электродвигателя – 1 и редуктора с ВППТК. На валу электродвигателя – 10 установлена эксцентриковая втулка – 9, на втулке установлен радиальный шариковый подшипник с небольшим гарантированным натягом.

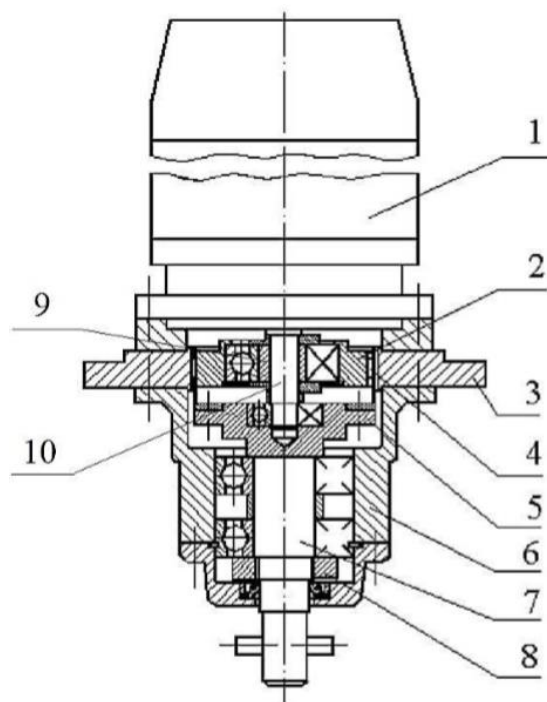


Рисунок 20 – Привод электробур с редуктором с ВППТК

1) электродвигатель; 2) диск генератора волн; 3) профильный венец; 4) промежуточные тела качения; 5) сепаратор; 6) корпус редуктора; 7) выходной вал; 8) гайка; 9) эксцентриковая втулка; 10) вал двигателя

Наружное кольцо подшипника образует соединение с диском генератора волн – 2, который взаимодействует с промежуточными телами качения (роликами) – 4 и перемещает их по эпициклоиде профиля неподвижного колеса – 3. Ролики, перемещаясь по желобам, передают крутящий момент на сепаратор – 5. С сепаратором посредством шпонки соединен выходной вал – 7, который в свою очередь установлен на двух шариковых подшипниках, размещенных в корпусе редуктора – 6. Электродвигатель

Электродвигатель

В данном приводе РМ применен коллекторный однофазный электродвигатель с двойной изоляцией ДК110-1000-15У2И1 «МиассЭлектроАппарат» (рис.21) [20].



Рисунок 21 – Универсальный коллекторный двигатель ДК110-1000

Электродвигатель приводится в работу посредством электрической сети (напряжение 220В) с потребляемой мощностью от 120 Вт до 1430 Вт и характеризуется величиной номинального тока от 5 до 7 А, полезной мощностью до 1000 Вт и классом электрической безопасности II.

Привод

Особенностью привода является сочетание коллекторного электродвигателя, имеющего высокую частоту вращения ротора 15000 об/мин, и волнового редуктора с передаточным числом 59, который резко понижает скорость вращения вала до 250 об/мин и обеспечивает крутящий момент 25...30 Нм на выходе. Такая компоновка позволяет получать необходимую для бурения мощность, при этом каждый из компонентов обладает сравнительно малой массой и габаритами.

Таблица 1.2 – Краткие технические характеристики привода РМ

Передаточное число 59	59
Максимальная частота вращения выходного вала привода	250 об/мин
Номинальный крутящий момент	35 Н·м
КПД привода (расчетный)	0,57
КПД редуктора (расчетный)	0,82
Масса (без шнека)	6,7 кг

Показатели крутящего момента, частоты вращения выходного вала, КПД механизма определены теоретическими расчетами, так же, как и прочностные характеристики привода. Опытный образец ручной машины электробур, прошел успешные стендовые испытания в ООО «НПО Сибирский машиностроитель» (Россия, Томская обл., г. Томск). Поэтому, есть

необходимость в проведении натурных испытаний с целью проверки работоспособности и оценки надежности привода.

1.5 Расчёт напряжений в опасных сечениях шнекового рабочего органа в системе CAE ANSYS

Определение напряжений в опасных сечениях шнекового рабочего органа с использованием CAE ANSYS

Для расчета напряжений в шнеке создадим упрощенную симуляцию нагрузки шнека моментом $35\text{Н}\cdot\text{м}$ (рис.22) по оси Z – максимальный крутящий момент полученный стендовыми испытаниями, а закрепление выполним на режущей части (рис.23).

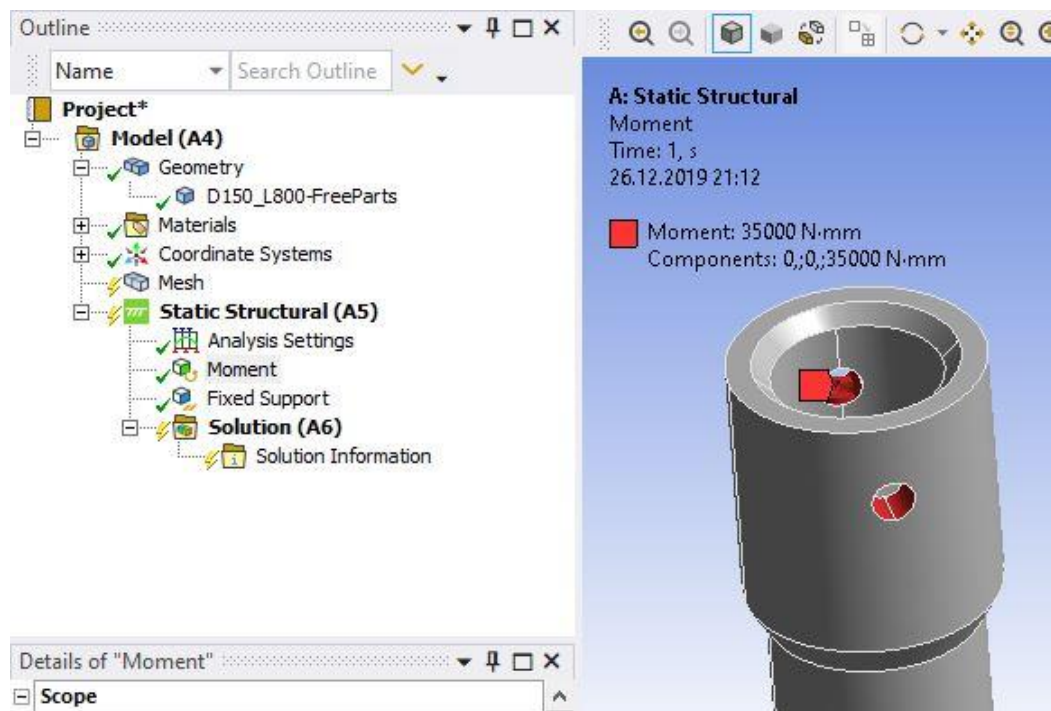


Рисунок 22 – Приложение крутящего момента к шнеку

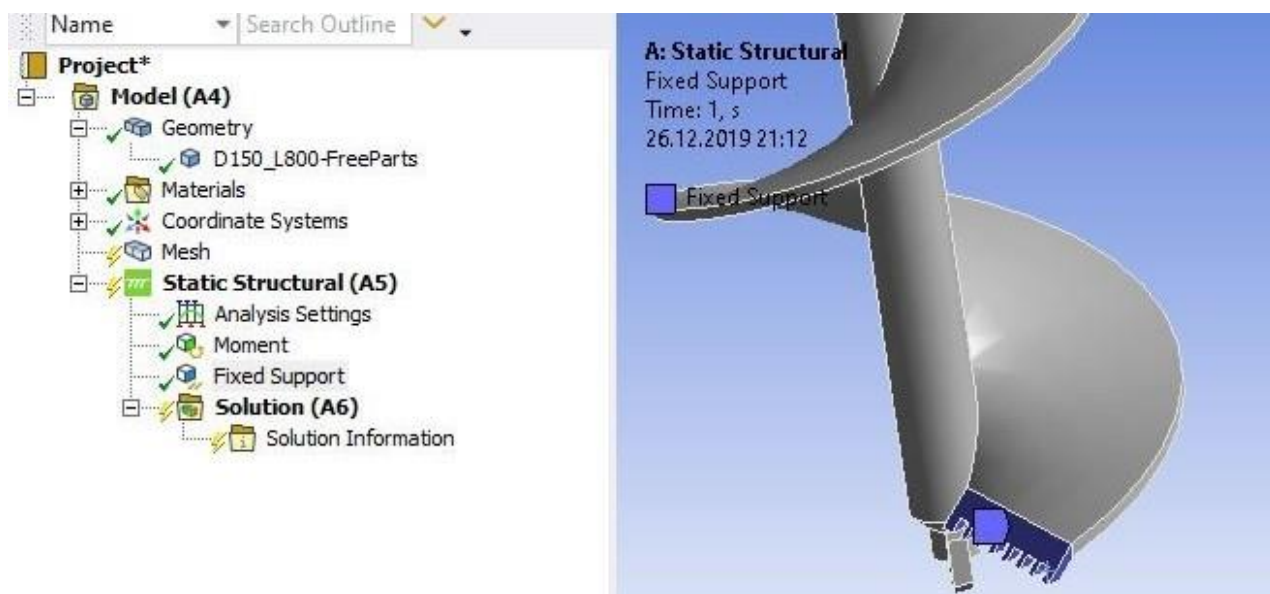


Рисунок 23 – Закрепление шнека

Далее выбираем “Engineering data” и задаем параметры материала вала-сепаратора – Сталь 30 (рис.24) Предел прочности – 400МПа, предел текучести – 460Мпа

Outline of Schematic A2: Engineering Data					
	A	B	C	D	E
1	Contents of Engineering Data			Source	Description
2	Material				
3	Structural Steel				Fatigue Data at zero mean stress comes from 1998 ASME BPV Code, Section 8, Div 2, Table 5 -110.1
*	Click here to add a new material				

Properties of Outline Row 3: Structural Steel					
	A	B	C	D	E
1	Property	Value	Unit		
2	Material Field Variables	Table			
3	Density	7820	kg m ⁻³		

Рисунок 24 – Настройка параметров материала в ANSYS

Далее в модуле A6 добавляем пункт «Maximum Principal Stress» и запускаем расчет нагрузки кнопкой «Solve» и анализируем картину напряжений по валу шнека (рис.25)

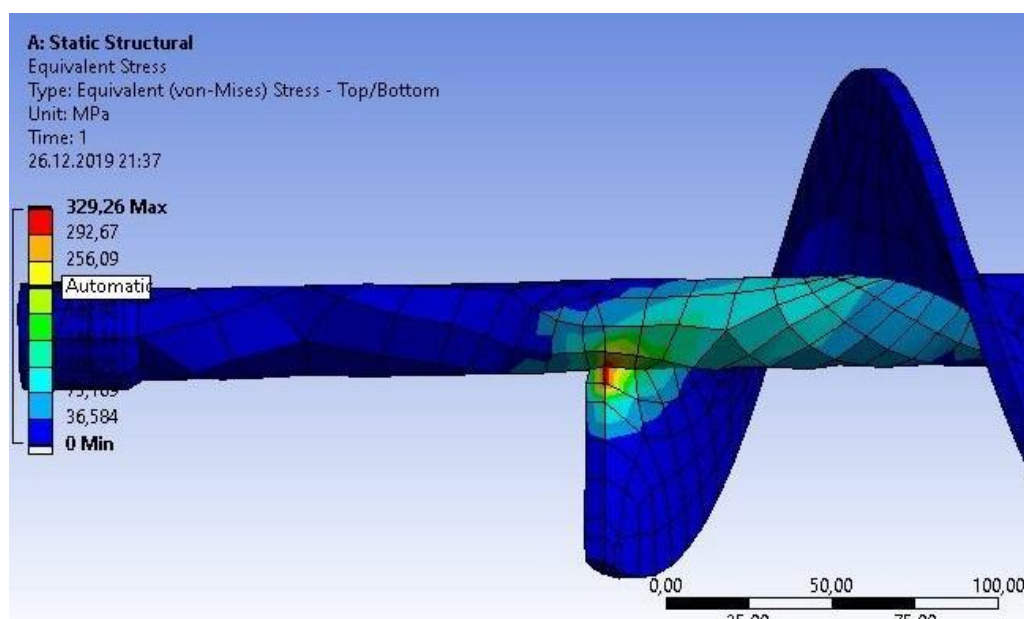


Рисунок 25 – Распределение напряжений в валу шнека

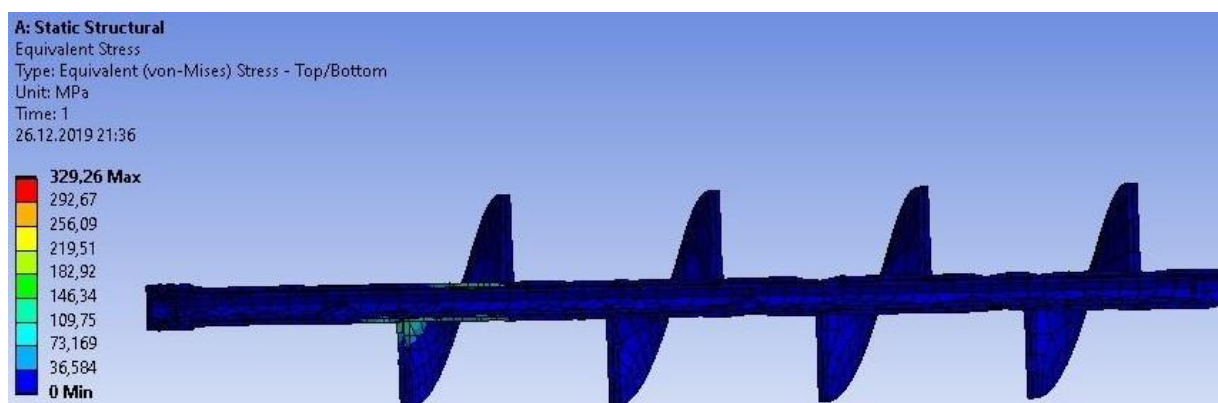


Рисунок 26 – Распределение напряжений в валу шнека

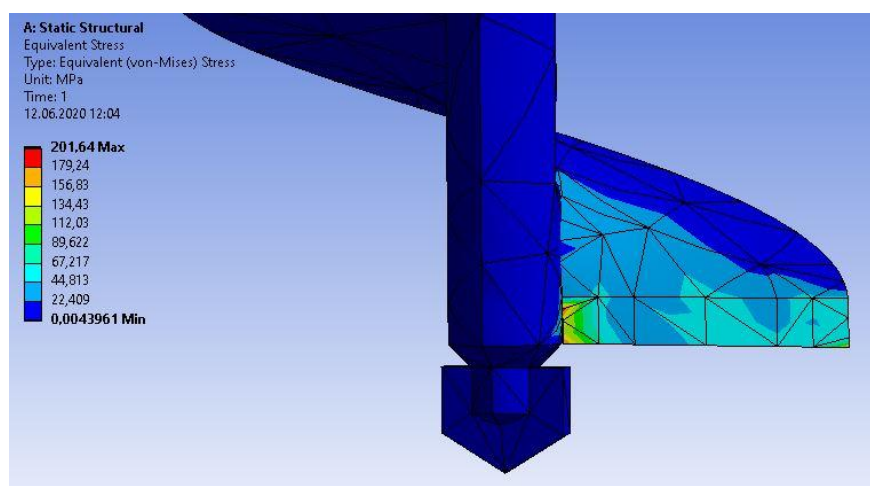


Рисунок 27 – Распределение напряжений на режущей кромке

Исходя из данных расчетов, видно, что наиболее нагруженными элементами являются сварное соединение винтовой линии и вала шнека.

Также опасно нагруженным элементом конструкции является режущая часть так как она непосредственно контактирует с разрабатываемым грунтом.

Несмотря на то, что вся конструкция шнека является стальной и высокопрочной, но со временем режущая часть может затупляться, что приведет к увеличению нагрузки на самом шнеке, в месте крепления шнека с выходным валом редуктора и на все последующие элементы конструкции РМ.

Еще одной проблемой, которая может возникнуть, является деформация спирали или возникновение на ленте трещин. В этом случае необходима полная замена шнека.

1.6 Натурные испытания ручной машины электробур

1.6.1 Методика проведения эксперимента

Эксперимент проводился на строительной площадке, где процесс бурения осуществлялся в плотном грунте II...III категории по классификации Госстроя.

Последовательность проведения эксперимента:

1. Сборка составных частей РМ.
2. Подключение привода к электрической сети через ваттметр.
3. Пробный запуск.
4. Бурение шпура диаметром 150 мм на глубину 600 мм.
5. Измерения силы потребляемого тока в процессе бурения с помощью ваттметра.
6. Расчет потребляемой мощности двигателя РМ на основе полученных данных.
7. Расчет средней толщины стружки грунта.
8. Расчет производительности РМ.

Сборка составных частей РМ

Сборка составных частей РМ происходит путем присоединения шнекового рабочего органа к выходному валу привода. Для закрепления используется палец с фиксатором. После чего РМ готова к работе.



Рисунок 28 – Шнековый рабочий орган



Рисунок 29 – Привод РМ



Рисунок 30 – Привод с рабочим органом в сборе

Настройка регистрирующей аппаратуры

Для измерения напряжения, с и мощности применяется цифровой ваттметр ROBITON PM-2 (рис. 32). Вилка питающего провода электродвигателя подключена в сеть переменного тока (220В, 50 Гц) непосредственно через ваттметр (рис. 31).



Рисунок 31 – Подключение РМ к сети через цифровой ваттметр

Счетчик потребляемой электроэнергии (ваттметр) ROBITON PM-2 (рис.) предназначен для измерения и контроля потребления энергии различными электроприборами, суммарный ток которых не превышает 16 А.



Рисунок 32 – Ваттметр ROBITON PM-2

Таблица 1.3 – Технические характеристики ваттметра ROBİTON РМ-2

Вход	220 V ~ 50 Гц
Максимальная нагрузка	16А, 3600 Вт
Диапазон измерения напряжения	190-276 В АС
Точность измерения напряжения	+/-1%
Диапазон измерения тока	0,01 – 16 А
Точность измерения тока	+/-1% или +/-0,01А
Точность измерения мощности нагрузки	+/-1% или +/-0,2 Вт
Диапазон измеряемой частоты	45-65 Гц

Изменение момента сопротивления на режущей кромке шнека при бурении мгновенно отражается на изменении величины потребляемого тока и мощности. Это дает возможность наблюдать по ваттметру за нагрузкой на шнек, редуктор, двигатель и определять характер работы РМ.

Пробный запуск

После сборки РМ и подключения её к сети переменного тока, необходимо выполнить пробный запуск. Некоторое время электродвигатель должен работать без нагрузки, причем посторонних звуков, заклиниваний и перегрева не должно быть.

Бурение шпура диаметром 150 мм на глубину 600 мм

После пробного запуска необходимо произвести бурение шпура. Следует отметить, что вращение бурового шнека осуществляется с помощью двигателя, а все остальные операции – установка направления бурения, подъем грунта на поверхность, фиксирование инструмента на рабочей поверхности производятся с помощью физической силы оператора.



Рисунок 33 – Бурение шпура



Рисунок 34 – РМ полностью заглубилась на глубину винтовой линии



Рисунок 35 – Измерение диаметра пробурённого отверстия

Измерения силы потребляемого тока в процессе бурения

Измерение силы тока необходимо для определения потребляемой мощности электробура. Сила тока на электродвигателе возрастает с увеличением нагрузки и может быть выше допустимого значения из-за большого механического усилия на рабочем органе. Кратковременное превышение номинального значения силы тока в 7А допустимо и не ведет к поломке двигателя.

Следует помнить, что реальная нагрузка, возникающая во время работы механизма, изменяется скачкообразно, так как процесс бурения идет с небольшими толчками и рывками. При помощи ваттметра определены значения силы тока в цепи в процессе бурения шпура на глубину 600 мм. Данные эксперимента представлены в таблице 1.4.

Таблица 1.4 – Данные эксперимента

Время бурения, с	I, А	N, Вт
1	8,46	1861
2	5,27	1159
3	6,46	1421
4	7,15	1573
5	8,21	1806
6	6,36	1399
7	5,44	1196
8	5,45	1199
9	6,15	1353
10	6,52	1434
11	7,61	1674
12	7,60	1672
13	8,11	1784
14	7,83	1722
15	8,92	1962

Расчет полезной мощности двигателя

На основе полученных данных рассчитаем полезную мощность во время бурения шпура в плотном грунте II...III категории.

Электрическая (потребляемая) мощность:

$$N = U \cdot I, \text{ Вт} \quad (1)$$

Полезная мощность двигателя:

$$N_{\text{пол}} = U \cdot I \cdot \cos\varphi, \text{ Вт} \quad (2)$$

$$N_{\text{пол}} = 220 \cdot 7 \cdot 0,7 = 1078 \text{ Вт}$$

где: U – напряжение питания, В; I – измеренный ток, А; $\cos\varphi$ – коэффициент мощности.

Средняя толщина стружки разрабатываемого грунта:

В ходе эксперимента было зафиксировано что процесс бурения длился 15 сек. За это время пробурен шпур диаметром 150 мм, на глубину 600 мм. Так как при увеличении нагрузки на выходном валу привода частота вращения уменьшается, а ток потребления электродвигателя возрастает. Возьмём среднее число оборотов шнека равное $N = 220$ об/мин.

Найдем число оборотов шнека за время бурения (15 сек):

$$h_c = (N \cdot V), \text{ мм} \quad (3)$$

где: N – среднее число оборотов шнека, об/мин; V – время бурения, мин; n – число оборотов рабочего органа, об; H – глубина отверстия, мм.

$$n = (220 \cdot 0,25) = 55, \text{ об.}$$

Тогда средняя толщина стружки разрабатываемого грунта будет равна:

$$h_c = (H/n), \text{ мм} \quad (4)$$

где: n – число оборотов рабочего органа, об/мин; H – глубина отверстия, мм.

$$h_c = \left(\frac{600}{55} \right) = 10,9 \text{ мм}$$

Если учесть, что частота вращения менялась, так как менялась нагрузка на шнеке, то можно принять, что средняя толщина стружки во время бурения составляла 10 мм или 1 см.

Расчет производительности ручной машины

Производительность (м/мин) шнека:

$$\Pi = H/V, \text{ м/мин} \quad (5)$$

где H – глубина полученного отверстия, м; V – время, затраченное на бурение, мин.

$$\Pi = \frac{0,6}{0,25} = 2,4 \text{ м/мин}$$

Производительность (м³/мин) шнека:

$$\Pi = 15\pi \cdot (D^2 - d^2) \cdot K \cdot h_v \cdot \psi \cdot (n - n_0), \text{ м}^3/\text{мин} \quad (6)$$

где h_v – шаг винта, м; K – коэффициент, характеризующий просыпание грунта в зазор между шнеком и стенками скважины; d – диаметр трубы шнека, м; ψ – коэффициент, характеризующий заполнение объема шнека; D – диаметр шнека, м; n_0 – критическая частота вращения шнека, см⁻¹.

$$\Pi = 15 \cdot 3,14 \cdot (0,15^2 - 0,02^2) \cdot 0,8 \cdot 0,15 \cdot 0,3 \cdot (220 - 118) = 3,82 \text{ м}^3/\text{мин}$$

Выводы по разделу

1. В результате натурных испытаний получены данные по расходу мощности двигателя ручной машины электробур в процессе бурения плотного грунта II...III категории.

2. Установлено, что полезной мощности двигателя 1,1 кВт достаточно для бурения отверстий диаметром 150 мм на глубину 600 мм.

3. Производительность ручной машины для данного вида работ составляет 2,4 м/мин.

4. Толщина стружки разрабатываемого грунта при осевом усилии на рабочий орган в 500 Н составляет 10 мм.

5. В результате проведения эксперимента установлено, что привод ручной машины электробур не нуждается в регуляторе мощности т.к. при снижении оборотов (напряжения), уменьшается сила тока и как следствие крутящий момент. А процесс бурения проходит более успешно при максимальных оборотах.

6. В процессе испытаний ручной машины электробур подтверждены ее расчётные технические характеристики, а также работоспособность РМ в заданных условиях эксплуатации.

2 КОНСТРУКТОРСКАЯ ЧАСТЬ

2.1 Параметры шнекового рабочего органа для бурения грунта

Разработанная в ТПУ конструкция РМ электробур, на базе коллекторного двигателя использует неразборный однозаходный шнековый рабочий орган марки G1-150/800 FUBAG 838278 предназначенный для формирования отверстий в грунте диаметром 150 мм (рис.27). Шнек предназначен для работы с грунтами II...III категории.



Рисунок 36 – Шнек FUBAG 838278

Данная модель не имеет сменных ножей, а вес такого устройства составляет три килограмма. Крепление имеет диаметр 25 см, что позволяет использовать его на РМ различных типов и брендов. Дизайн и конструкция данного варианта разработаны в Германии, а производится он непосредственно в Китае. Технические характеристики шнека представлены в таблице 1.3.

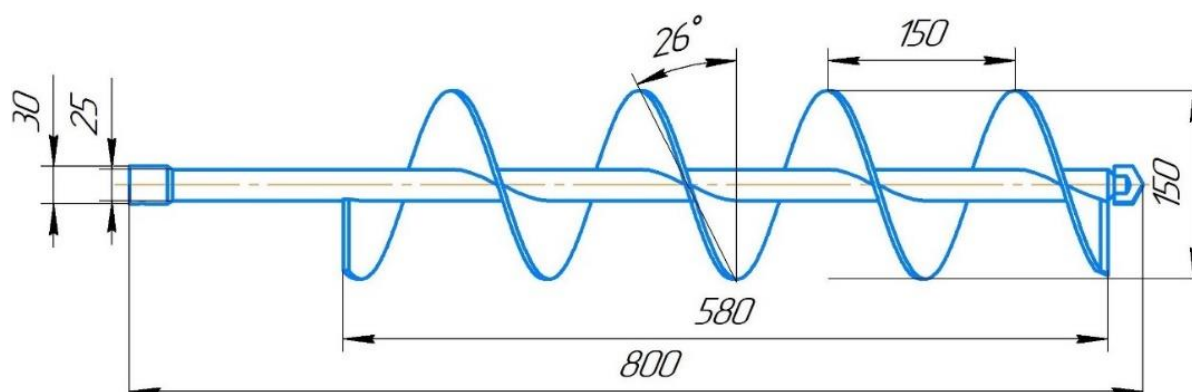


Рисунок 37 – Геометрические параметры шнека FUBAG 838278

Таблица 2.1 – Технические характеристики шнека FUBAG 838278

Тип шнека	неразборный
Количество заходов	однозаходный
Длина,	800мм
Длина нарезной части,	580мм
Диаметр вала,	20мм
Диаметр,	150мм
Угол наклона винтовой линии β ,	26
Масса,	3,08кг

2.2 Расчёт параметров ручной машины электробур

2.2.1 Определение критической частоты вращения

Критическая частота вращения шнекового рабочего органа, после превышения которой, происходит транспортировка разработанного грунта на поверхность, зависит от диаметра шнека D , угла подъема его винтовой линии β и коэффициентов трения грунта о материал шнека μ_1 и внутреннего трения между частицами извлекаемого из шпура грунта μ_2 :

$$n_{кр} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{2(\sin\beta + \mu_1 \cos\beta)g}{\mu_2 D}}, \frac{1}{с} \quad (7)$$

Таблица 2.2 – Значения критической частоты вращения для шнеков с различными параметрами (б/мин).

Диаметр шнека, D, мм	μ_1	μ_2	Угол подъема винтовой линии, β , градус			
			10°	15°	20°	25°
200	0,5	0,75	89	94	98	102
150			102	108	113	118
100			126	133	139	144
75			145	153	160	166

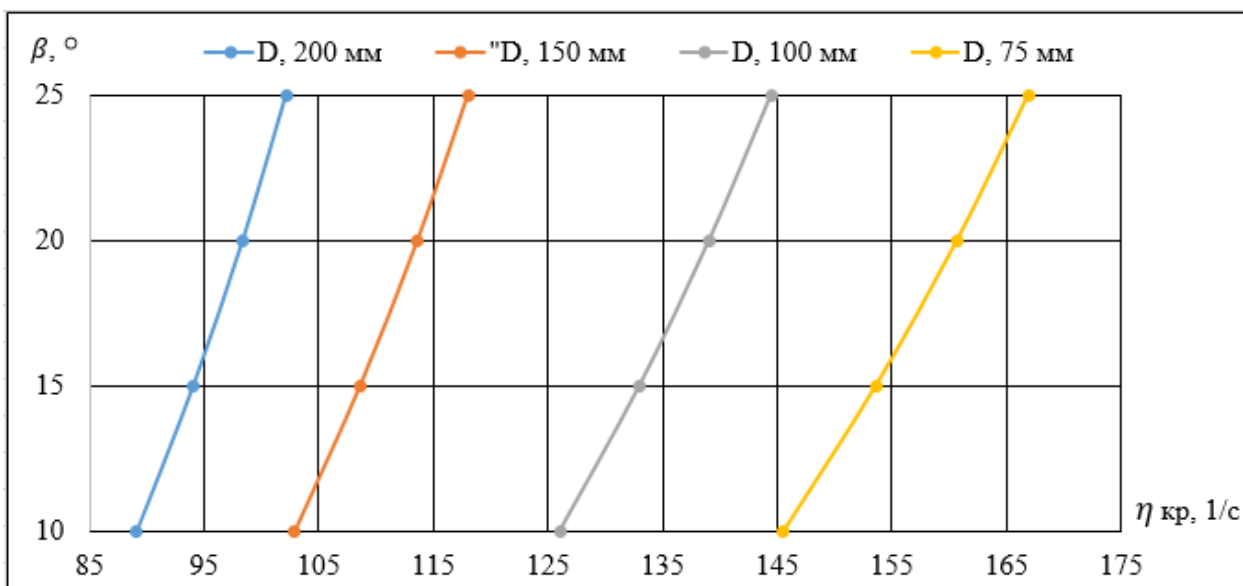


Рисунок 38 – График зависимости критической частоты вращения шнека от угла подъема винтовой линии.

2.2.2 Определение крутящего момента необходимого для подъема грунта на поверхность

$$M_2 = 0,125\pi k_1 D(D^2 - d^2)H\psi \rho k_p^{-1} g (\tan\beta + \mu_2), \text{ кН} \cdot \text{м}. \quad (8)$$

где: k_1 – коэффициент трения шнека о стенки шпура; d – диаметр штанги шнека, м; H – глубина бурения, м; ψ – коэффициент заполнения шнека; ρ – плотность грунта, кг/м³; k_p – коэффициент разрыхления грунта.

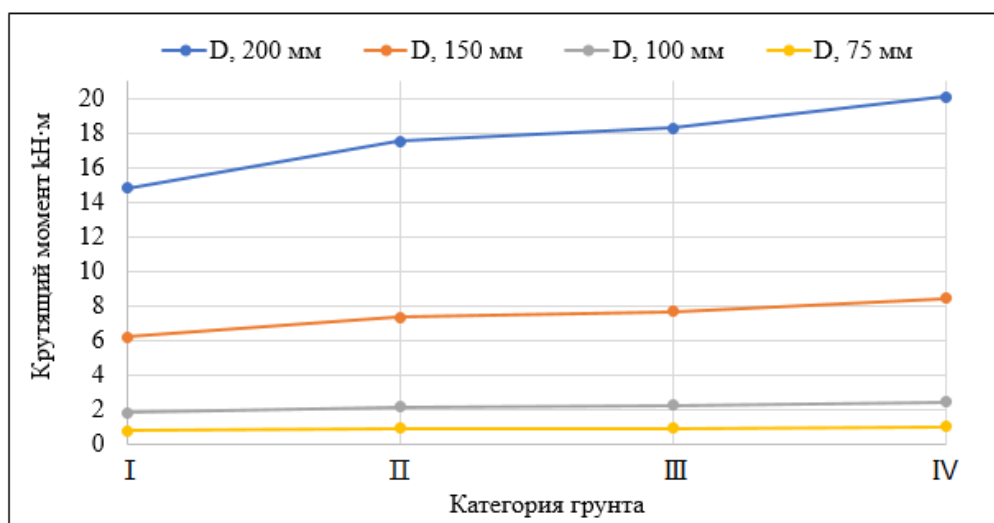


Рисунок 39 – График зависимости крутящего момента необходимого для подъема грунта.

Таблица 2.3 – Крутящий момент необходимый для подъема грунта (кН·м).

Диаметр шнека, D, мм	Категория грунта			
	I	II	III	IV
200	14,821	17,551	18,287	20,114
150	6,203	7,346	7,654	8,419
100	1,796	2,127	2,216	2,438
75	0,733	0,868	0,904	0,995

- угол винтовой линии $\beta=25^\circ$

2.2.3 Определение крутящего момента необходимого для разрушения грунта в забое.

$$M_1 = 62,5D^2\sigma_n h_c z_{\text{л}} (1 + \mu_1 k_3), \text{кН} \cdot \text{м} \quad (9)$$

где: σ_n – приведенная прочность грунта, МПа; h_c – толщина стружки, м;
 $z_{\text{л}}$ – число режущих кромок; k_3 – коэффициент затупления инструмента.

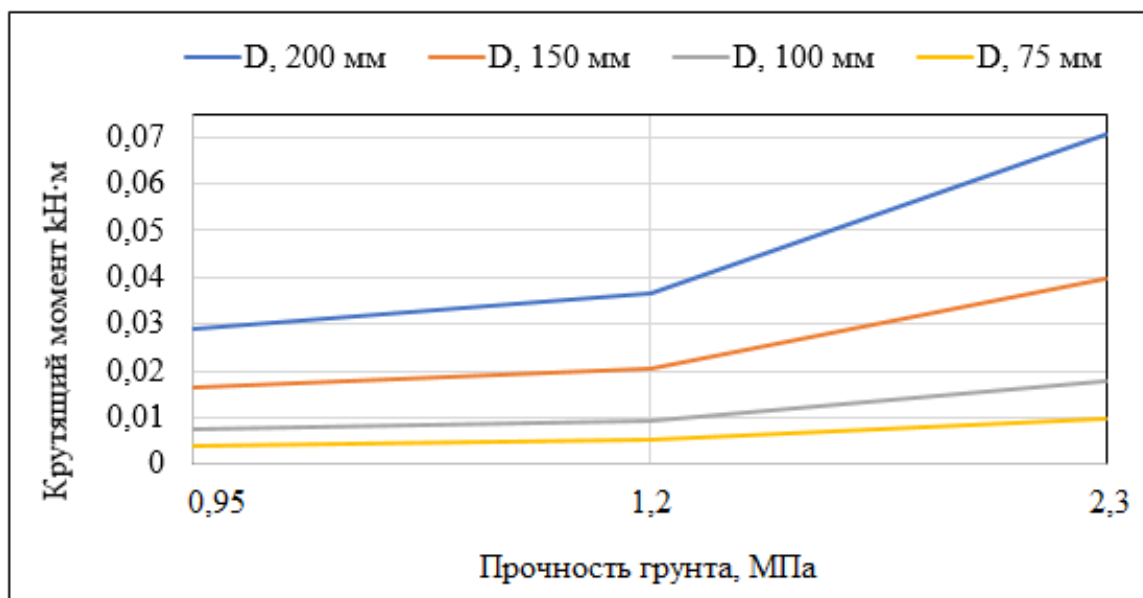


Рисунок 40 – График зависимости крутящего момента от прочности грунта.

Таблица 2.4 – Крутящий момент необходимый для разрушения грунта (кН·м).

Диаметр шнека, D, мм	Прочность грунта		
	Малосвязанные грунты 0,95 МПа	Средне связанные грунты 1,2 МПа	Сильно связанных грунты 2,3 МПа
200	0,029	0,0367	0,0704
150	0,0163	0,0206	0,0396
100	0,00727	0,00918	0,0176
75	0,00409	0,00516	0,0099

- угол винтовой линии $\beta=25^\circ$

Выводы по разделу

1. Расчетами установлено, что критическая частота вращения шнека возрастает с увеличением угла подъема винтовой линии и с уменьшением диаметра рабочего органа. Тип разрабатываемого грунта незначительно влияет на этот параметр.

2. Установлено, что крутящий момент необходимый для подъема грунта на поверхность возрастает при увеличении диаметра рабочего органа и увеличении плотности грунта. Угол подъема винтовой линии незначительно влияет на этот параметр.

3. Установлено, что крутящий момент необходимый для разрушения грунта в забое возрастает при увеличении диаметра рабочего органа и увеличении плотности грунта. Угол подъема винтовой линии незначительно влияет на этот параметр.

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

Группа	ФИО
4AM82	Ермаков Данил Романович

Школа	ИШНПТ	Отделение	Материаловедения
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	15.04.01 «Машиностроение»

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических; энергетических; финансовых; информационных и человеческих;	Стоимость выполняемых работ, материальных ресурсов, согласно применяемой техники и технологии, в соответствии с рыночными ценами. Оклады в соответствии с окладами сотрудников «НИ ТПУ»:
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	- районный коэффициент- 1,3; - прочие расходы – 16%; - норма амортизации 40%.
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования.	В соответствии с налоговым кодексом Российской Федерации.

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ 2. Планирование процесса управления НТИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок 3. Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности.	1. Анализ потенциальных потребителей 2. SWOT-анализ; 3. Определение этапов работ; определение трудоемкости работ; разработка графика Ганта 4. Определение затрат на проектирование (смета затрат) 5. Оценка эффективности исследования
--	--

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

Календарный план график проведения работ

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН	Якимова Татьяна Борисовна	к.э.н.		16.03.2020

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4AM82	Ермаков Данил Романович		16.03.2020

3. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

3.1 Предпроектный анализ, потенциальные потребители результатов исследования

Целью раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» является определение перспективности и успешности научно-исследовательского проекта по исследованию работоспособности ручной машины электробур при натурных испытаниях. Ручная машина может использоваться при строительстве свайных фундаментов, установке штырей заземления, монтаже линий связи, установке ограждений, при проведении геологических изысканий, ландшафтных работах.

Потенциальным потребителем результатов исследования могут являться любые сельскохозяйственные предприятия или строительные фирмы. В результатах исследования могут быть заинтересованы предприятия, производящие буровой инструмент (шнековые и колонковые буры), редукторы с ВППТК, а также предприятия выпускающие коллекторные двигатели.

Анализ рынка ручных машин в России показал, что в настоящее время отечественные производители не выпускают ручных машин, предназначенных для бурения грунта и льда. Ближайшим аналогом является растворосмеситель, изготавливаемый ЗАО «Интерскол». Зарубежные фирмы, такие как Mora of Sweden, Vista и др., предлагают ледобуры на базе электродвигателей, а фирмы Husqvarna, Stihl, Echo и др. - мотобуры с двигателями внутреннего сгорания.

Следует отметить, что существуют российские разработки специальной техники для бурения шпуров при инженерных изысканиях, но эти машины имеют высокую массу и их нецелесообразно использовать для малых объемов работ и работ в стесненных условиях.

3.2 SWOT-анализ проекта

Для проведения комплексного анализа проекта воспользуемся SWOT-анализом. Он проводится в несколько этапов. На первом этапе определяются сильные и слабые стороны проекта, а также выявляются возможности и угрозы для реализации проекта. Первый этап проведения SWOT-анализа представлен в таблице 1.

Таблица 3.1 – Матрица SWOT

Strengths (сильные стороны) С1. Высокая технологичность и производительность бурения отверстий электробуром. С2. Возможность регулировать частоту вращения рабочего органа для эффективной работы. С3. Новая технология передачи крутящего момента на рабочий орган. С4. Легкость конструкции.	Weaknesses (слабые стороны) Сл1. Для работы требуется наличие электричества. Сл2. Для работы в местах без электроэнергии необходим переносной генератор. Сл3. Длина питающего кабеля. Сл4. Высокий уровень шума электродвигателя
Opportunities (возможности) В1. Заинтересованность сельского хозяйства и малых строительных организаций. В2. Возможность быстрого ремонта и замены вышедших из строя деталей.	Threats (угрозы) У1. Появление новых более технологичных машин. У2. Отсутствие спроса.

После того как сформированы четыре области, переходим ко второму этапу, на котором необходимо выявить соответствия сильных и слабых сторон проекта внешним условиям окружающей среды. Для этого построим интерактивную матрицу, при этом каждый фактор помечается либо знаком «+» (означает сильное соответствие сильных сторон возможностям), либо знаком «-» (что означает слабое соответствие). Интерактивные матрицы представлены в таблице 3.2; 3.3; 3.4; и 3.5.

Таблица 3.2 – Интерактивная матрица проекта «Сильные стороны и возможности»

Сильные стороны проекта					
Возможности проекта		C1	C2	C3	C4
	B1	+	-	+	+
	B2	-	-	+	+

Таблица 3.3 – Интерактивная матрица проекта «Слабые стороны и возможности»

Слабые стороны проекта					
Возможности проекта		C _{л1}	C _{л2}	C _{л3}	C _{л4}
	B1	-	+	-	-
	B2	+	-	+	+

Таблица 3.4 – Интерактивная матрица проекта «Сильные стороны и угрозы»

Сильные стороны проекта					
Угрозы		C1	C2	C3	C4
	У1	+	+	-	+
	У2	-	-	+	-

Таблица 3.5 – Интерактивная матрица проекта «Слабые стороны и угрозы»

Слабые стороны проекта					
Угрозы		C _{л1}	C _{л2}	C _{л3}	C _{л4}
	У1	+	+	+	-
	У2	+	-	-	-

Таблица 3.6 – Итоговая матрица SWOT

	Strengths (сильные стороны) C1. Высокая технологичность и производительность	Слабые стороны научно-исследовательского проекта: Сл1. Для работы требуется наличие электричества.
--	--	--

	бурения отверстий электробуром. С2. Возможность регулировать частоту вращения рабочего органа для эффективной работы. С3. Новая технология передачи крутящего момента на рабочий орган. С4. Легкость конструкции.	Сл2. Для работы в местах без электроэнергии необходим переносной генератор. Сл3. Длина питающего кабеля. Сл4. Высокий уровень шума электродвигателя
Возможности: В1. Заинтересованность сельского хозяйства и малых строительных организаций. В2. Возможность быстрого ремонта и замены вышедших из строя деталей.	В1В2С3С4 В1С1С3С4 В2С3С4	В2Сл1Сл3Сл4
Угрозы: У1. Появление новых более технологичных машин. У2. Отсутствие спроса.	У1С1С2С4	У1Сл1Сл2Сл3 У1У2Сл1

3.3 Организация и планирование работ

В данном пункте составляется полный перечень проводимых работ, определяются их исполнители и рациональная продолжительность. Наглядным результатом планирования работ является сетевой, либо линейный график реализации проекта (табл.3.9). Так как число исполнителей двое (степень распараллеливания всего комплекса работ незначительна), то предпочтительным является построение линейного графика. Хронологически упорядоченные вышеуказанные данные сведены в таблице 3.7.

Таблица 3.7 – Перечень работ и продолжительность их выполнения

№	Название	Исполнители	Загрузка исполнителей
1	Постановка целей и задач, получение исходных данных	НР	НР – 100%
2	Разработка календарного плана	НР, И	НР – 100% И – 50%
3	Изучение литературы	И	И – 100%
4	Обсуждение литературы и интернет-источников по теме исследования	НР, И	НР – 100% И – 30%
5	Анализ характеристик ручной машины электробур	НР, И	НР – 30% И – 100%
6	Поиск места проведения натурных испытаний	НР, И	НР – 100% И – 40%
7	Составление плана проведения испытаний	НР, И	НР – 100% И – 70%
8	Проведение испытаний	НР, И	НР – 100% И – 100%
9	Анализ результатов испытания	НР, И	НР – 60% И – 100%
10	Оформление пояснительной записки	НР, И	НР – 30% И – 100%
11	Подведение итогов	НР, И	НР – 100% И – 80%

Продолжительность этапов работ

Расчет продолжительности этапов работ осуществляется двумя методами:

- технико-экономическим;
- опытно-статистическим.

Так как исполнитель работы зачастую не располагает соответствующими нормативами, то используется опытно-статистический метод, который реализуется двумя способами:

- аналоговый;
- экспертный.

Для определения вероятных (ожидаемых) значений продолжительности работ $t_{ож}$ применяется формула:

$$t_{ож} = \frac{3t_{min} + 2t_{max}}{5} \quad (10)$$

где t_{min} – минимальная продолжительность работы, дн.; t_{max} – максимальная продолжительность работы, дн.;

Для выполнения перечисленных в таблице 2 работ требуются специалисты:

- инженер – в его роли действует исполнитель НИР (ВКР);
- научный руководитель.

Для построения линейного графика необходимо рассчитать длительность этапов в рабочих днях, а затем перевести ее в календарные дни.

Расчет продолжительности выполнения каждого этапа в рабочих днях ($T_{РД}$) ведется по формуле:

$$T_{РД} = \frac{t_{ож}}{K_{ВН}} \cdot K_{Д} \quad (11)$$

где $t_{ож}$ – продолжительность работы, дн.; $K_{ВН}$ – коэффициент выполнения работ, учитывающий влияние внешних факторов на соблюдение предварительно определенных длительностей, в частности, возможно $K_{ВН} = 1$; $K_{Д}$ – коэффициент, учитывающий дополнительное время на компенсацию непредвиденных задержек и согласование работ, $K_{Д} = 1,2$. Расчет продолжительности этапа в календарных днях ведется по формуле:

$$T_{КД} = T_{РД} \cdot T_{К} \quad (12)$$

где $T_{КД}$ – продолжительность выполнения этапа работ в календарных днях; $T_{К}$ – коэффициент календарности, позволяющий перейти от длительности работ в рабочих днях к их аналогам в календарных днях, $T_{К} = 1,22$ [24].

В таблице 3.8 приведена продолжительность этапов работ и их трудоемкости по исполнителям, занятым на каждом этапе.

Таблица 3.8 – Трудозатраты на выполнение проекта

Этап	Исполнители	Продолжительность работ, дни			Трудоемкость работ по исполнителям чел.- дн.			
					$T_{РД}$		$T_{КД}$	
		t_{min}	t_{max}	$t_{ож}$	НР	И	НР	И
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Постановка целей и задач, получение исходных данных	НР	4	7	5,2	6,24	–	7,61	–
Разработка календарного плана	НР, И	6	9	7,2	8,64	4,32	10,54	5,27
Изучение литературы	И	18	25	20,8	–	24,96	–	30,45
Обсуждение литературы и интернет-источников	НР, И	7	12	9	10,8	3,24	13,18	3,95
Анализ характеристик ручной машины электробур	НР, И	10	14	11,6	4,18	13,92	5,1	16,98
Поиск места проведения натурных испытаний	НР, И	17	25	20,2	9,72	24,24	11,1	29,57
Составление плана проведения испытаний	НР, И	1	3	1,8	2,16	1,51	2,64	1,84
Проведение натурных испытаний	НР, И	7	14	9,8	11,76	11,76	14,35	14,35
Анализ результатов испытания	НР, И	4	10	6,4	4,61	7,68	5,62	9,37
Оформление пояснительной записки	НР, И	6	10	7,6	2,37	9,12	3,33	11,12
Подведение итогов	НР, И	3	5	3,8	4,56	3,65	5,56	4,45
Итого:				103,4	65,04	107,73	79,03	102,17

Таблица 3.9 – Линейный график работ

№	НР	И	Продолжительность выполнения работ														
			Январь			Февраль			Март			Апрель			Май		
			10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150
1	7,61	–	■														
2	10,54	5,27		■	■												
3	–	30,45			■	■	■	■									
4	13,18	3,95						■	■	■							
5	5,1	16,98							■	■	■						
6	11,1	29,57								■	■	■	■	■			
7	2,64	1,84												■			
8	14,35	14,35												■	■		
9	5,62	9,37													■		
10	3,33	11,12														■	
11	5,56	4,45															■

НР- ■; И- ■.

Расчет затрат на материалы

К данной статье расходов относится стоимость материалов, покупных изделий, полуфабрикатов и других материальных ценностей, расходуемых непосредственно в процессе выполнения работ над объектом проектирования. Сюда же относятся специально приобретенное оборудование, инструменты и прочие объекты, относимые к основным средствам, стоимостью до 40 000 руб. включительно. Кроме того, статья включает так называемые транспортно-заготовительные расходы, связанные с транспортировкой от поставщика к потребителю, хранением и прочими процессами, обеспечивающими движение (доставку) материальных ресурсов от поставщиков к потребителю. Сюда же включаются расходы на совершение сделки купли-продажи (т.н. транзакции). Приближенно они оцениваются в процентах к отпускной цене закупаемых материалов, как правило, это 5...20 %. Исполнитель работы самостоятельно выбирает их величину в указанных границах.

Таблица 3.10 – Затраты на материалы

Наименование материала	Цена за ед. руб.	Количество, шт.	Сумма, руб.
Шнек	1730	1	1730
Ваттметр ROBITON PM-2	890	1	890
Электрический удлинитель на катушке	1217	1	1217
Всего за материалы			3837
Транспортно-заготовительные расходы 5%			191
Итого по статье			4028

Расчет заработной платы

Данная статья расходов включает заработную плату научного руководителя и инженера (в его роли выступает исполнитель проекта), а также премии, входящие в фонд заработной платы. Расчет основной заработной платы выполняется на основе трудоемкости выполнения каждого этапа и величины месячного оклада исполнителя. Оклад инженера принимается равным окладу соответствующего специалиста низшей квалификации в организации, где исполнитель проходил преддипломную практику.

Заработная плата научно-производственного персонала

Заработная плата (ЗП) руководителя и инженера (магистранта) рассчитывается по следующей формуле:

$$ЗП = З_{\text{дн}} \cdot T_p \quad (13)$$

где: ЗП – основная заработная плата одного работника; T_p – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн.; $З_{\text{дн}}$ – среднедневная заработная плата работника, руб.

Среднедневная тарифная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$З_{\text{дн-т}} = \frac{З_{\text{м}}}{24,917} \quad (14)$$

учитывающей, что в 2020 году 221 рабочий день и, следовательно, в месяце в среднем 18,41 рабочих дня (при шестидневной рабочей неделе)

$$З_{\text{м}} = З_{\text{б}} \cdot K_{\text{и}} \quad (15)$$

где: $З_{\text{б}}$ – базовый оклад, руб.; $K_{\text{и}}$ – интегральный коэффициент (используется для учета в ее составе премий, дополнительной зарплаты и районной надбавки), Расчёт основной заработной платы приведён в таблице 3.11.

Таблица 3.11 – Расчет основной заработной платы

Исполнитель	З _б , руб.	К _и	З _м , руб.	З _{дн} , руб.	Т _р , раб. дн	З _{осн} , руб.
НР	33 664	1,699	57195	2295	110	252450
И	15 470	1,62	25061	1006	126	126756
Итого:						379206

Расчет затрат на электроэнергию

Данный вид расходов включает в себя затраты на электроэнергию, потраченную в ходе выполнения проекта на работу используемого оборудования.

Таблица 3.12 – Расходы на электроэнергию

Наименование оборудования	Время работы оборудования, час	Потребляемая мощность, кВт	Стоимость кВт*ч, руб	Затраты, руб.
Персональный компьютер	760	0,4	5,75	1748
Ручная машина электробур	5	1,5	5,75	43
Итого:				1791

Отчисления во внебюджетные фонды

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы, руб:

$$C_{\text{внеб}} = K_{\text{внеб}} \cdot Z_{\text{осн}} \quad (16)$$

где $K_{\text{внеб}}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.). Данный коэффициент составляет 30% от затрат на заработную плату и включает в себя:

Отчисления из заработной платы составили:

$$C_{\text{внеб}} = 379206 \cdot 0,3 = 113762$$

Расчет амортизационных расходов

В статье «Амортизационные отчисления» рассчитывается амортизация используемого оборудования за время выполнения проекта. Используется формула:

$$C_{\text{ам}} = \frac{H_A \cdot Ц_{\text{ОБ}} \cdot t_{\text{рф}} \cdot n}{F_d} \quad (17)$$

где H_A – годовая норма амортизации единицы оборудования; $Ц_{\text{ОБ}}$ – балансовая стоимость единицы оборудования с учетом ТЗР; F_d – действительный годовой фонд времени работы соответствующего оборудования, берется из специальных справочников или фактического режима его использования в текущем календарном году; $t_{\text{рф}}$ – фактическое время работы оборудования в ходе выполнения проекта, учитывается исполнителем проекта; n – число задействованных однотипных единиц оборудования.

Амортизация персонального компьютера составит:

$$C_{\text{ам}} = \frac{0,4 \cdot 45000 \cdot 760 \cdot 1}{2408} = 5681$$

Расчет прочих расходов

В статье «Прочие расходы» отражены расходы на выполнение проекта, которые не учтены в предыдущих статьях, их следует принять равными 10% от суммы всех предыдущих расходов, т.е.

$$C_{\text{пр}} = (C_{\text{мат}} + C_{\text{зп}} + C_{\text{внеб}} + C_{\text{эл}} + C_{\text{ам}}) \cdot 0,1 \quad (18)$$

$$C_{\text{пр}} = (4028 + 379206 + 113762 + 1791 + 5681) \cdot 0,1 = 52506$$

Расчет общей себестоимости исследования

Проведя расчет по всем статьям сметы затрат на разработку, можно определить общую себестоимость проекта.

Таблица 3.13 – Общая себестоимость

Статья затрат	Условное обозначение	Сумма, руб.
Материалы и покупные изделия	$C_{\text{мат}}$	4028
Заработная плата	$C_{\text{зп}}$	379206
Внебюджетные отчисления	$C_{\text{внеб}}$	113762
Расходы на электроэнергию	$C_{\text{эл}}$	1791
Амортизационные отчисления	$C_{\text{ам}}$	5681
Прочие расходы	$C_{\text{проч}}$	50218
ИТОГО:		552402

Расчет НДС

НДС составляет 20% от суммы затрат на разработку, т.е. $552402 \cdot 0,2 = 110480$

Цена разработки НИР

Цена равна сумме полной себестоимости, прибыли и НДС, в нашем случае

$$\text{ЦНИР} = 552402 + 110480 = 662882$$

3.4 Оценка экономической эффективности исследования

Актуальным аспектом качества выполненного исследования является экономическая эффективность его реализации, т.е. соотношение обусловленного ей экономического результата (эффекта) и затрат на разработку исследования. Так как последние являются единовременными, то

мы имеем дело с частным случаем задачи оценки экономической эффективности инвестиций, т.е. вложением денежных средств в предприятие, организацию, отраслевую, региональную социально-экономическую систему и т.п. с целью получения определенного результата в будущем. Отличительными особенностями инвестиций, особенно когда речь идет о вложениях в нематериальные активы в форме НИР являются:

- результат может быть получен в течение ряда последующих лет в общем случае – на протяжении жизненного цикла создаваемой системы;
- результаты инвестиций содержат элементы риска и неопределенности;
- связывание на некоторое время финансовых средств инвестора.

Однако в данной работе провести оценку экономической эффективности исследования невозможно, так как она носит исследовательский характер и изготовление в промышленных масштабах пока не представляется возможным.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
4AM82	Ермаков Данил Романович

Школа	ИШНПТ	Отделение	Материаловедения
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	15.04.01 «Машиностроение»

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Объектом исследования являются эксплуатационные характеристики ручной машины электробур в реальных условиях эксплуатации. Область применения: сельское хозяйство, строительство.
--	--

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства;	– ТК РФ от 30.12.2001 N197-ФЗ (ред. от 01.04.2019) – СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03.
2. Производственная безопасность: Анализ выявленных вредных и опасных факторов Обоснование мероприятий по снижению воздействия	1. Отклонение показателей микроклимата 2. Повышенный уровень шума и вибрации 3. Недостаточная освещённость 4. Повышенная температура поверхностей оборудования. 5. Наличие токопроводящих элементов.
3. Экологическая безопасность	Анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы) и литосферу (отходы).
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях: – перечень возможных ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения; – выбор наиболее типичной ЧС;	Типичная ЧС – возникновение пожара, так как используется электрическое оборудование.

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ООД ШБИП	Сечин Александр Иванович	Доктор технических наук		16.03.2020

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4AM82	Ермаков Данил Романович		16.03.2020

4. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

Введение

В разделе «Социальная ответственность» рассмотрены вопросы, связанные с организацией рабочего места оператора в соответствии с нормами производственной санитарии, техники безопасности и охраны труда и окружающей среды.

Целью данной работы является исследование работоспособности ручной машины электробур при натурных испытаниях. Исследования работоспособности ручной машины электробур, позволят оценить характер воздействия различных факторов на оператора машины. Рабочим местом для проведения исследования является производственное помещение «НПО Сибирский машиностроитель», г. Томск, оснащенное техническими средствами и вспомогательным оборудованием, необходимыми для осуществления функций контроля механических параметров электроприводов. Рабочей зоной является стол с установленным на него стендом для проведения периодических испытаний.

Проведение натурных испытаний необходимо для подтверждения работоспособности и заявленных расчётных технических характеристик данной ручной машины.

4.1 Анализ условий труда на рабочем месте

К опасным физическим факторам при проведении исследования относятся: движущиеся и вращающиеся части, нагретые поверхности оборудования, инструмента, заготовок, высокое напряжение в силовой электрической сети и статическое электричество, возможность возникновения пожаров.

Вредными физическими факторами являются: высокие влажность и скорость движения воздуха рабочей зоны, повышенная или пониженная

температура, нетоксичная пыль, повышенные уровни шума и вибрации, нерациональное освещение зоны работы.

4.2 Анализ показателей шума и вибрации

Предельно допустимый уровень (ПДУ) шума — это уровень фактора, который при ежедневной не должен вызывать заболеваний или отклонений в состоянии здоровья.

Основным источником шума является исследуемый привод, так как оператор находится в непосредственной близости. Уровень звукового давления, воспроизводимый опытным образцом, равен приблизительно 85-95 дБ на средних частотах, что эквивалентно шуму при работе отбойного молотка. Причиной столь громкого шума являются: электродвигатель, в котором подшипники ротора создают шум, контактируя с дорожками качения, так как частота вращения вала приблизительно 15 000 об/мин; промежуточные тела качения волновой передачи, в передаче их содержится 59 штук.

Допускаемые уровни звукового давления в октавных полосах частот, уровни звука и эквивалентные уровни звука на рабочих местах следует принимать согласно ГОСТ 12.1.003-83 и СанПиН 2.2.4/2.1.8.10-32-2002, Работа оператора станда относится ко 2 категории, требует сосредоточенности для проведения измерений. При значениях выше допустимого уровня необходимо предусмотреть СКЗ и СИЗ.

СКЗ (средства коллективной защиты) – устранение причин шума или существенное его ослабление в источнике образования, изоляция источников шума от окружающей среды средствами звуко- и виброизоляции, звуко- и вибропоглощения, применение средств, снижающих шум на пути его распространения. СИЗ (средства индивидуальной защиты) – применение спецодежды, спецобуви и защитных средств органов слуха: наушники, беруши, антифоны.

При эксплуатации ручной машины необходимо использовать беруши, либо наушники. В качестве средств коллективной защиты можно применить заградительные щиты из звукопоглощающего материала.

Основная цель нормирования вибрации на рабочих местах — это установление допустимых значений характеристик вибрации. Основным документом, регламентирующим уровень вибрации на рабочих местах, является СН 2.2.4/2.1.8.566-96.

Показатели вибрационной нагрузки на оператора – виброускорение и время действия вибрации. Корректированный уровень локальной вибрации (ЛВ) используют для характеристики ручных машин по степени виброопасности. Эквивалентный корректированный уровень ЛВ используют для оценки нагрузки на человека-оператора за смену.

К способам борьбы с вибрацией относятся: снижение вибрации в источнике, виброгашение, виброизоляция, вибродемпфирование, применение индивидуальных средств защиты.

Основной причиной возникновения вибрации в приводе машины электробур является волновая передача с промежуточными телами качения. Такой характер вибрации относится к локальной вибрации. Колебания, возникающие в процессе работы машины, передаются на рукояти инструмента. Рукояти электробура прорезинены специальными вставками. При эксплуатации ручной машины рекомендуется работать в перчатках.

4.3 Анализ показателей микроклимата

Большое значение для охраны здоровья и труда человека имеет микроклимат в производственных помещениях. По ГОСТ 12.1.005-97ССБТ нормируются следующие параметры: температура, относительная влажность, скорость движения воздушного потока, ПДК вредных веществ. Эти данные приведены в таблице 1.

Таблица 4.1 – Микроклимат производственных помещений

Период года	Категория работы	Температура, °С	Относительная влажность, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	Ia	22-24	60-40	0,1
	Iб	21-23		0,1
	IIб	19-21		0,2
	IIб	17-19		0,3
	III	16-18		0,3
Теплый	Ia	23-25	60-40	0,1
	Iб	22-24		0,1
	IIб	20-22		0,2
	IIб	19-21		0,2
	III	18-20		0,3

При оценке допустимых значений температуры и влажности воздуха учитывается категория тяжести работ. По степени физической тяжести работа относится к категории средней тяжести IIб (СанПиН 2.2.4.548-96).

В зимний период параметры микроклимата поддерживаются системой центрального отопления, естественной вентиляцией. Для обеспечения оптимальных и допустимых показателей микроклимата в холодный период года следует применять средства защиты рабочих мест от остекленных поверхностей оконных проемов, чтобы не было охлаждения.

В летний период года параметры микроклимата поддерживаются общеобменной вентиляцией. Также необходимо предусмотреть защиту от попадания прямых солнечных лучей.

Вентиляция производственных помещений предназначена для уменьшения запыленности, задымленности и очистки воздуха, а также для сохранности оборудования. Система вентиляции обеспечивает снижение содержания в воздухе помещения пыли, газов до концентрации, не превышающей ПДК. Воздухообмен в помещении можно значительно

сократить, если улавливать вредные вещества в местах их выделения, не допуская их распространения по помещению. Для этого используют приточно-вытяжную вентиляцию.

В производственном помещении отклонений от показателей микроклимата обнаружено не было.

4.4 Анализ освещенности рабочей зоны

Оценка освещенности рабочей зоны необходима для обеспечения нормированных условий работы в помещениях и проводится в соответствии с СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03.

Расчёт общего равномерного искусственного освещения выполняется методом коэффициента светового потока, учитывающим световой поток, отражённый от потолка и стен. Длина помещения $A = 9$ м, ширина $B = 7$ м, высота = 3,5 м. Высота рабочей поверхности над полом $h_p = 1,0$ м.

Площадь помещения:

$$S = A \times B,$$

где A – длина, м;

B – ширина, м.

$$S = 7 \times 9 = 63 \text{ м}^2$$

Коэффициент отражения покрашенных светло-зеленых стен с окнами, без штор $\rho_c = 40\%$, свежепобеленного потолка $\rho_{\text{п}} = 70\%$. Коэффициент запаса, учитывающий загрязнение светильника, для помещений с малым выделением пыли равен $K_z = 1,2$. Коэффициент неравномерности для люминесцентных ламп $Z = 1,1$.

Выбираем лампу дневного света ЛТБ-40, световой поток которой равен $\Phi_{\text{лд}} = 2200$ Лм. Выбираем светильники с люминесцентными лампами ОДОР – 2-40. Этот светильник имеет две лампы мощностью 40 Вт каждая, длина светильника равна 1200 мм, ширина – 260 мм.

Интегральным критерием оптимальности расположения светильников является величина λ , которая для люминесцентных светильников с защитной

решёткой лежит в диапазоне 1,1–1,3. Принимаем $\lambda=1,2$, расстояние светильников от перекрытия (свес) $h_c = 0,5$ м.

Высота светильника над рабочей поверхностью определяется по формуле:

$$h = h_n - h_p,$$

где h_n – высота светильника над полом, высота подвеса,

h_p – высота рабочей поверхности над полом.

Наименьшая допустимая высота подвеса над полом для двухламповых светильников ОДОР: $h_n = 3,5$ м.

Высота светильника над рабочей поверхностью определяется по формуле:

$$h = H - h_p - h_c = 3,5 - 1 - 0,5 = 2,0 \text{ м.}$$

Расстояние между соседними светильниками или рядами определяется по формуле:

$$L = \lambda \cdot h = 1,2 \cdot 2 = 2,4 \text{ м}$$

Число рядов светильников в помещении:

$$Na = \frac{A}{L} = \frac{9}{2,4} = 3,75 \approx 4$$

Число светильников в ряду:

$$Nb = \frac{B}{L} = \frac{7}{2,4} = 2,92 \approx 3$$

Общее число светильников:

$$N = Na \cdot Nb = 4 \cdot 3 = 12$$

Расстояние от крайних светильников или рядов до стены определяется по формуле:

$$l = \frac{L}{3} = \frac{2,4}{3} = 0,8 \text{ м}$$

Размещаем светильники в два ряда. На рисунке 1 изображен план помещения и размещения светильников с люминесцентными лампами.

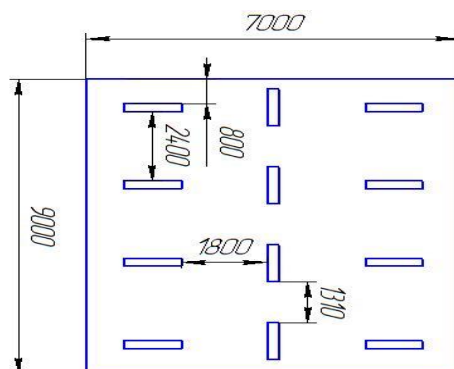


Рисунок 41 – План помещения и размещения светильников

Индекс помещения определяется по формуле:

$$i = \frac{A \cdot B}{h \cdot (A + B)} = \frac{9 \cdot 7}{2,0 \cdot (9 + 7)} = 1,97$$

Коэффициент использования светового потока, показывающий какая часть светового потока ламп попадает на рабочую поверхность, для светильников типа ОД с люминесцентными лампами при $\rho_{\text{П}} = 70 \%$, $\rho_{\text{С}} = 40\%$ и индексе помещения $i = 1,97$ равен $\eta = 0,6$.

Потребный световой поток группы люминесцентных ламп светильника определяется по формуле:

$$\Phi_{\text{П}} = \frac{E \cdot A \cdot B \cdot K_3 \cdot Z}{n \cdot N \cdot \eta} = \frac{300 \cdot 9 \cdot 7 \cdot 1,2 \cdot 1,1}{2 \cdot 12 \cdot 0,6} = 1751 \text{ лм}$$

Делаем проверку выполнения условия:

$$-10\% \leq \frac{\Phi_{\text{ЛД}} - \Phi_{\text{П}}}{\Phi_{\text{ЛД}}} \cdot 100\% \leq 20\%;$$

$$\frac{\Phi_{\text{ЛД}} - \Phi_{\text{П}}}{\Phi_{\text{ЛД}}} \cdot 100\% = \frac{2200 - 1751}{2200} \cdot 100\% = 19\%.$$

Таким образом: $-10\% \leq 19\% \leq 20\%$, необходимый световой поток

4.5 Анализ факторов термической опасности

Горячие поверхности машин, доступные оператору, являются причиной риска ожогов. Основные указания по конструированию безопасных машин, принимающие во внимание меры против рисков, включая термические, даны в ГОСТ Р 51337-99.

При выполнении процесса бурения на оператора машины может воздействовать и такой вредный производственный фактор как повышенная температура поверхностей оборудования. Температура поверхности машины, вызывающая ожоги при контакте кожи с горячей поверхностью, зависит от материала поверхности и от продолжительности контакта кожи с горячей поверхностью. Эта зависимость представлена на рисунке 38.

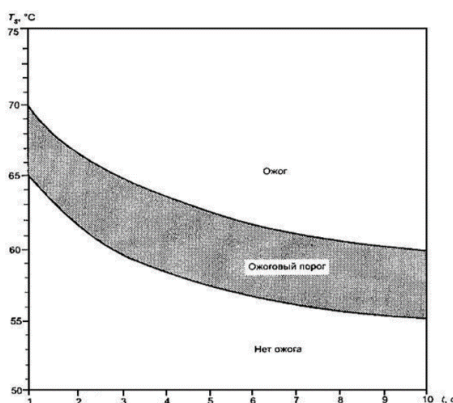


Рисунок 42 – Область ожогового порога при контакте кожи с гладкой горячей поверхностью металла без покрытия

При эксплуатации электробура повышенной температурой обладает поверхность алюминиевой крышки редуктора. В результате трения в передаче, корпус значительно нагревается, температура возрастает до 120°C и при несоблюдении правил безопасности прикосновение может вызывать ожог. Работник при производстве работ должен быть обеспечен средствами индивидуальной защиты.

В процессе повседневной деятельности для исключения данного вредного фактора необходимо: эксплуатировать электроинструмент, обеспечивая 15-20 минутный перерыв, не допускать чрезмерного нагрева поверхностей элементов, пользоваться средствами индивидуальной защиты, не допускать нарушений требований безопасности труда.

4.6 Анализ электробезопасности

Испытуемый привод электробура, стенд и регистрирующая аппаратура должны быть выполнены в соответствии с требованиями ГОСТ 12.1.019–2017.

Основным документом, регламентирующим воздействие электрического тока в производственных условиях, является ГОСТ 12.1.00976.

Основными причинами поражения электрическим током могут послужить следующие факторы: прикосновение к токоведущим частям или прикосновение к конструктивным частям, оказавшимся под напряжением.

Электробезопасность представляет собой систему организационных и технических мероприятий и средств, обеспечивающих защиту людей от вредного и опасного воздействия электрического тока, электрической дуги, электромагнитного поля и статистического электричества.

Лаборатория относится к помещению с особой опасностью поражения электрическим током. В помещении применяются следующие меры защиты от поражения электрическим током: недоступность токоведущих частей от случайного прикосновения, все токоведущие части изолированы и ограждены. Недоступность токоведущих частей достигается путем их надежной изоляции, применения защитных ограждений (кожухов, крышек, сеток и т.д.), расположения токоведущих частей на недоступной высоте.

На распределительном щитке имеется рубильник для отключения общей сети электропитания, во всех приборах имеются предохранители для защиты от перегрузок в общей сети питания и защиты сети при неисправности прибора.

4.7 Анализ экологической безопасности

В ходе проведения исследований привода ручной машины не было использовано токсичных и радиоактивных материалов, а также материалов, подлежащим особым условиям утилизации. Однако при эксплуатации ручной машины электробур периодически производится замена смазывающего материала в редукторе. Отработанное масло необходимо утилизировать согласно ГОСТ Р 56828.42-2018. При проведении экспериментов для квалификационной работы вредных выбросов в атмосферу, почву и водные

источники не производилось, чрезвычайные ситуации не наблюдались, отрицательных воздействий на окружающую среду не происходило.

Процесс утилизации электробура будет проходить в несколько этапов: разборка изделия на составные элементы, сортировка деталей по материалам изготовления, отправка металлов, пластиков и других материалов, пригодных для вторичного использования, на переработку, а электронные компоненты — на аффинаж.

4.8 Анализ безопасности при чрезвычайных ситуациях

Чрезвычайные ситуации относятся к совокупности опасных событий или явлений, приводящих к нарушению безопасности жизнедеятельности. К ним относятся: высокие и низкие температуры, физическая нагрузка, поражающие токсичные дозы ядовитых веществ, высокие дозы облучения и многое другое могут приводить к нарушению жизнедеятельности человека.

Разработка и проектирование РМ проводилось в городе Томск находящимся в континентально-циклонической климатической зоне, для которой характерны суровые продолжительные зимы. Возможными ЧС на объекте, могут быть сильные морозы и диверсия.

Зимой, когда морозы достигают критически низких температур, это приводит к авариям систем теплоснабжения и жизнеобеспечения, остановка работы этих систем может привести к обморожениям и даже жертвам среди населения. В случае переморозки труб должны быть предусмотрены запасные газовые обогреватели с катализаторами. Их количества и мощности должно хватать для того, чтобы работа на производстве не прекратилась. В случае обрыва линий электропередач должны быть предусмотрены электрогенераторы, которые и будем использовать для электрообогревателей и другого вида оборудования. Нужно иметь запасы воды для сотрудников и для технических нужд. Заключение договоров с транспортными компаниями, что переложит ответственность в случае ЧС на них.

Чрезвычайные ситуации, возникающие в результате диверсий, возникают все чаще. Зачастую такие угрозы оказываются ложными. Но случаются взрывы и в действительности. Для предупреждения вероятности осуществления диверсии предприятие необходимо оборудовать системой видеонаблюдения, круглосуточной охраной, пропускной системой, надежной системой связи, а также исключения распространения информации о системе охраны объекта, расположении помещений и оборудования в помещениях, системах охраны, сигнализаторах, их местах установки и количестве. Должностные лица раз в полгода проводят тренировки по отработке действий на случай экстренной эвакуации.

Анализ пожарной безопасности

По взрывопожарной и пожарной опасности помещения подразделяются на категории А, Б, В1 - В4, Г и Д, а здания - на категории А, Б, В, Г и Д. Согласно НПБ 105-03 лаборатория относится к категории В2.

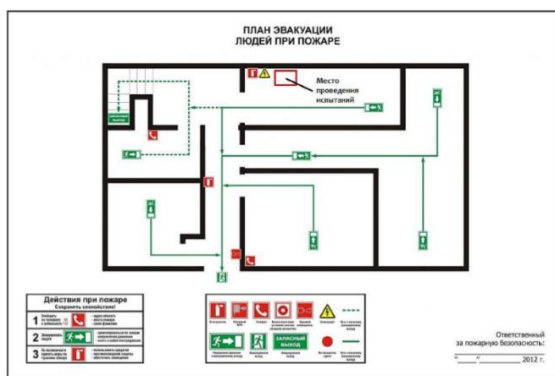


Рисунок 43 – План эвакуации производственного помещения

По степени огнестойкости данное помещение относится к 1-й степени огнестойкости по СНиП 2.01.02-85 (выполнено из кирпича,). Возникновение пожара при работе с электронной аппаратурой может быть по причинам как электрического, так и неэлектрического характера. В данном производственном помещении необходимо иметь 2 огнетушителя марки ОП-5, исходя из размеров помещения, а также силовой щит, который позволяет мгновенно обесточить помещение.

Выводы по разделу

В данном разделе был произведен анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды, вредных веществ, производственного шума, освещенность помещения, пожарной безопасности, защита в ЧС, способы их уменьшения.

В разделе производственная безопасность были изучены вопросы безопасности, рассмотрены вредные и опасные факторы, которые могут возникать при разработке. К таким вредным воздействиям на организм человека относятся: шум, вибрация, недостаток освещённости, электробезопасность, отклонения от благоприятного микроклимата. Лаборатория, в которой проводилась работа, соответствует как нормам безопасности, так вредным и опасным факторам.

Так же для обеспечения безопасности при производстве проводятся мероприятия: постоянный контроль за состоянием воздушной среды производственных; регулярные медицинские осмотры; соблюдение требований безопасности труда к освещенности помещения, отоплению, вентиляции (система вытяжной вентиляции), кондиционированию воздуха; доступ к системе водоснабжения, сан.узлу; регламентированные перерывы в работе на обед и на отдых; оборудованное помещение для отдыха работников, оснащенное необходимой мебелью (стулья, кресла, столы); доступ к питьевой воде.

В разделе экологическая безопасность рассмотрен характер воздействия проектируемого решения на окружающую среду, указаны опасные и вредные производственные факторы, а также методы борьбы с ними. Для устранения бытовых отходов отдельные контейнеры, предложен способ утилизации ручной машины электробур, который будет проходить в несколько этапов.

В подразделе безопасность в чрезвычайных ситуациях приведены возможные ЧС на рабочем месте, предусмотрены мероприятия по устойчивости работы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проделанной работы выполнен анализ конструкций ручных буровых машин. В рамках исследования проведены натурные испытания ручной машины электробур созданной на базе коллекторного двигателя мощностью 1,5 кВт с частотой вращения якоря 15000 об/мин и редуктора с промежуточными телами качения с передаточным числом 59. В результате эксперимента получены данные по расходу мощности двигателя в процессе бурения плотного грунта II...III категории. А также определена производительность ручной машины в заданных условиях эксплуатации.

С помощью CAE системы проведено исследование напряженного состояния элементов шнекового рабочего органа, описано влияние угла подъема винтовой линии шнека, типа разрабатываемого грунта и других факторов на процесс бурения.

В процессе испытаний ручной машины электробур подтверждены ее расчётные технические характеристики, а также работоспособность самой машины.

В будущем необходимо провести испытания ручной машины электробур на долговечность.

Список использованных источников

1. Номер патента: 427580. Заявлен: 15 марта 1890 г. Выдан: 13 мая 1890 г. «Post Hole Boring Machines» US427580
2. Беляев А.Е. Механические передачи с шариковыми промежуточными телами. Томск: ТПУ, 1992. - 231 с.
3. Беляев А.Е. Механические передачи с промежуточными телами повышенной точности и долговечности. – Томск: ТПИ, 1986. – 60 с.
4. Беляев А.Е. Механические роликовые передачи. Новоуральск: 1994. - 120 с.
5. Дмитриев, Ф. С. Проектирование редукторов точных приборов : справочное пособие Ф. С. Дмитриев. – Л.: Машиностроение, 1971 – 160 с.
6. Панкратов Э.Н. Проектирование механических систем автоматизированных комплексов для механообрабатывающего производства: Практикум лидера проектировщика. – Томск: ТГУ, 1998, - 295 с.
7. Янгулов В.С. Прецизионный редуктор повышенной долговечности // Известия Томского политехнического университета. – 2007. – Т. 311. – № 2. – С. 18–23.
8. Ермолин Н.П. "Электрические машины малой мощности" Издательство "Высшая школа" Издание второе, 1967 г - 504 с
9. К.Метцлер. Расчет универсальных коллекторных двигателей Москва-Ленинград: Государственное энергетическое издательство, 1932. - 101 с.
10. Юферов, Ф.М. Электрические двигатели автоматических устройств / Ф.М. Юферов; ред. Н.В. Астахов. – Москва; Ленинград: Типография Госэнергоиздата, 1959. – 226 с.
11. Андрианов В. Н. Электрические машины и аппараты. М., «Колос». 1971. 448 с. С ил.
12. Ребрик Б.М. Бурение инженерно-геологических скважин: Справочник. — 2-е изд., перераб. и доп.—М.: Недра, 1990. —336с.: ил.

13. Ребрик Б.М. Бурение при инженерно-геологических изысканиях. 3-е изд., перераб. и доп.—М.: Недра, 1979. 253с.
14. Волков А.С. Справочник по разведочному бурению. М., Госгеолтехиздат, 1963.
15. Кардыш В.Г. Современные зарубежные буровые станки и установки. М., Недра, 1976.
16. Машины для земляных работ / Д.П. Волков, В.Я. Крикун, П.Е. Тотолин и др. – М.: Машиностроение, 1992. – 448 с.
17. Пат. 2134827 Россия. МПК7 F16H 1/00. Волновая передача для коллекторного двигателя / В.С. Коротков. – № 97120085/28; Заявлено 28.11.97; Публ. 20.08.99, Бюл. № 23.
18. Коротков В.С. Создание ручной машины с волновой передачей и исследование ее работоспособности. Известия Томского политехнического университета. 2005. Т. 308. № 5. – С.126-130.
19. Белова С.В. Безопасность жизнедеятельности. Под ред. – М.: Высшая школа. 2002. – 357с.
20. Белова С.В. Окружающей среды. Под ред. – М.: Высшая школа. 2002. – 357с. оустановок. Минэнерго СССР, 6-е издание – Энерготомиздат. 1996. – 640с.
21. Видяев И.Г., Серикова Г.Н., Гаврикова Н.А. Финансовый менеджмент, ресурс эффективность и ресурсосбережение: учебно-методическое пособие // ИГ Видяев, ГН Серикова, НА Гаврикова, НВ Шаповалова, ЛР Тухватулина, ЭВ Криницына. – 2014.

Нормативные ссылки

1. ГОСТ 25100-95. Грунты. Классификация;
2. ГОСТ 12.1.005-88. Требования к микроклимату производственных помещений.
3. ГОСТ 12.0.001-82. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Основные положения;
4. ГОСТ 12.0.003-2015. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Опасные и вредные производственные факторы. Классификация;
5. ГОСТ 12.1.003-2014. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Шум. Общие требования безопасности;
6. ГОСТ 12.1.012-90. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Вибрационная безопасность;
7. ГОСТ 12.1.019-2017. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты;
8. ГОСТ 12.1.029-80. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Средства и методы защиты от шума. Классификация;
9. ГОСТ 12.1.038-82. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов;
10. ГОСТ Р 51337-99. Безопасность машин. Температуры касаемых поверхностей. Эргономические данные для установления предельных величин горячих поверхностей;
11. СНиП 23-05-95. Естественное и искусственное освещение;
12. СП 51.13330.2011. Защита от шума;
13. СП 52.13330.2016. Естественное и искусственное освещение;
14. ГОСТ Р 56828.42-2018. Утилизация отработанных масел. Показатели для идентификации.
15. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 01.04.2019).

Приложение А

Натурные испытания ручной машины электробур

Full-Scale tests of a manual machine electric drill

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4АМ82	Ермаков Данил Романович		4.03.2020

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Коротков В.С.	к.т.н.		4.03.2020

Консультант

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ст. преподаватель	Кобзева Н.А.	к.п.н.		4.03.2020

1.6 Full-Scale tests of a manual machine electric drill

Method of conducting the experiment

The experiment was conducted on a construction site where the drilling process was carried out in dense soil of the II...III category according to the Gosstroy classification.

Sequence of the experiment:

1. The Assembly of the component parts of the machine electric drill.
2. Connection drill to the electrical network through the power meter.
3. Trial run.
4. Drilling a hole Ø150 mm to a depth of 600 mm.
5. Measurement of the power consumption during drilling using a wattmeter.
6. Calculation of engine power consumption based on the obtained data.
7. Calculation of the average thickness of ground chips.
8. The performance calculation.

The Assembly of the component parts of the machine electric drill.

The components are assembled by attaching the screw to the output shaft of the drive. To fix it, a finger with a retainer is used. After that, the machine is ready to work.



Fig.447



Fig.28



Fig.45

Setting up recording equipment

To measure voltage, C and power, the ROBITON PM-2 digital wattmeter is used (Fig. 31). The plug of the power supply wire of the electric motor is connected to the AC network (220V, 50 Hz) directly through the wattmeter (Fig. 30).



Fig.46

The ROBITON PM-2 power consumption meter (Fig. 31) is designed to measure and control energy consumption by various electrical appliances, the total current of which does not exceed 16 A.



Fig.47 – ROBITON PM-2 wattmeter

Table 1.3-Technical characteristics of the ROBITON PM-2 wattmeter

Output	220 V ~ 50 Гц
Maximumload	16A, 3600 Вт
The range of the voltage measurement	190-276 В AC
The accuracy of the voltage measurement	+/-1%
Currentmeasurementrange	0,01 – 16 А
The accuracy of the current measurement	+/-1% или +/-0,01А
Accuracy of load power measurement	+/-1% или +/-0,2 Вт
The range of measured frequency	45-65 Гц

The change in the resistance moment on the cutting edge of the auger during drilling is instantly reflected in the change in the amount of current and power consumed. This makes it possible to observe the load on the screw, gearbox, and engine using a wattmeter and determine the nature of the machine's operation.

Trial run

After assembling the drill and connecting it to the AC network, it is necessary to perform a trial run. For some time, the electric motor should work without load, and there should be no extraneous sounds, jamming and overheating.

Drilling a hole Ø150 mm to a depth of 600 mm

After the test run, it is necessary to drill a hole. It should be noted that the rotation of the drilling auger is performed using the engine, and all other operations

– setting the drilling direction, lifting the soil to the surface, fixing the tool on the working surface are performed using the operator's physical force.



Fig.48



Fig.49



Fig.50

Power measurement of energy consumption in the process of drilling

Current measurement is necessary to determine the power consumption of the electric cord. The current on the electric motor increases with increasing load and may be higher than the permissible value due to a large mechanical force on the working body. Short-term excess of the rated current value of 7A is acceptable and does not lead to engine failure.

It should be remembered that the actual load that occurs during the operation of the mechanism changes abruptly, since the drilling process is carried out with small jerks and jerks. Using a wattmeter, the values of the current in the circuit during drilling a hole to a depth of 600 mm are determined. The experiment data is presented in table 1.4.

Table 1.4 – results of the experiment

Drillingtime, s	I, A	<i>N, W</i>
1	8,46	1861
2	5,27	1159
3	6,46	1421
4	7,15	1573
5	8,21	1806
6	6,36	1399
7	5,44	1196
8	5,45	1199
9	6,15	1353
10	6,52	1434
11	7,61	1674
12	7,60	1672
13	8,11	1784
14	7,83	1722
15	8,92	1962

Calculation of the useful power of the engine

Based on the data obtained, we will calculate the useful power during drilling a hole in dense soil of category II...III.

Electrical (consumption) power:

$$N = U \cdot I, W \quad (1)$$

Useful engine power:

$$N = U \cdot I \cdot \cos\varphi, W \quad (2)$$

$$N = 220 \cdot 7 \cdot 0,7 = 1078 W$$

where: U – supply voltage, V; I – measured current, A; $\cos\varphi$ – power factor.

Average chip thickness of the developed soil:

During the experiment, it was recorded that the drilling process lasted 15 seconds. During this time, a hole of $\varnothing 150$ mm was drilled to a depth of 600 mm.

As the load on the drive output shaft increases, the drilling speed decreases, and the current consumption of the motor increases. Take the average number of revolutions of the screw equal to $N = 220$ rpm.

Find the number of revolutions of the screw during drilling (15 seconds):

$$h_c = (N \cdot V), mm \quad (3)$$

where: N – the average number of revolutions of the screw, rpm; V – drilling time, min; n – the number of revolutions of the working body, rpm; H – the depth of the hole, mm.

$$n = (220 \cdot 0,25) = 55, rpm$$

Then the average chip thickness of the developed soil will be equal to:

$$h_c = (H/n), mm \quad (4)$$

$$h_c = \left(\frac{600}{55} \right) = 10,9 \text{ mm}$$

If we consider that the speed of rotation changed as the load on the screw changed, we can assume that the average chip thickness during drilling was 10 mm or 1 cm.

Calculating the productivity of a manual machine

Screw capacity (m/min):

$$\Pi = H/V, \text{ m/min} \quad (5)$$

where H – depth of the received hole, m; V – time spent on drilling, min.

$$\Pi = \frac{0,6}{0,25} = 2,4 \text{ m/min}$$

Screw capacity (m^3/min):

$$P = 15\pi \cdot (D^2 - d^2) \cdot K \cdot h_B \cdot \psi \cdot (n - n_0), m^3/min \quad (6)$$

where h_B – screw pitch, m; K – coefficient characterizing the spillage of soil into the gap between the screw and the wall of the wellbore; d – pipe diameter auger, m; ψ – coefficient characterizing the capacity of the screw; D is the screw diameter, m; n_0 critical frequency of screw rotation, cm^{-1} .

$$P = 15 \cdot 3,14 \cdot (0,15^2 - 0,02^2) \cdot 0,8 \cdot 0,15 \cdot 0,3 \cdot (220 - 118) = 3,82 \text{ m}^3/min$$

Conclusions

1. As a result of field tests, data on the power consumption of the engine of a manual electric drill machine in the process of drilling dense soil of category II...III were obtained.

2. It is established that the useful power of the 1.1 KW engine is sufficient for drilling holes with a diameter of 150 mm to a depth of 600 mm.

3. The productivity of the manual machine for this type of work is 2.4 m/min.

4. The chip Thickness of the developed soil with an axial force on the working body of 500 N is 10 mm.

5. As a result of the experiment, it was found that the drive of a manual machine electric drill does not need a power regulator because when the speed (voltage) decreases, the current decreases and as a result, the torque. And the drilling process is more successful at maximum speed.

6. In the process of testing manual machine electric drill confirmed its design specifications and performance manual machine electric drill in the given conditions.